

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Є.В. Кузьмінський
«___» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра
з напрямку підготовки 6.051401 «Біотехнологія»
на тему: «Виробництво біоетанолу з бурякової меляси»

Виконала:
студентка IV курсу, групи БЕ-51
Проць Софія Юріївна

(підпис)

Керівник:
Доцент, к.т.н.
Щурська К. О.

(підпис)

Консультант з графічної частини:
Д.т.н., професор кафедри екобіотехнології
Саблій Л.А.

(підпис)

Рецензент:
Ст.. викладач кафедри промислової біотехнології
Дзигун Л. П..

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біоінженерії
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.051401

Біотехнологія (Екологічна біотехнологія та біоенергетика)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Є.В. Кузьмінський

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Проць Софії Юріївні

1. Тема проекту «Виробництво біоетанолу з бурякової меляси», керівник проекту доцент к.т.н. Щурська К. О., затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту: витрата меляси – 135 м³/доба; ; ступінь очищення біоетанолу – 98 %. Спроектувати ферментер для зброджування меляси в біоетанол.
4. Зміст пояснювальної записки: характеристика сировини та біологічного агента для виробництва біоетанолу; аналіз існуючих технологій виробництва біоетанолу та обґрунтування вибору технологічної схеми переробки бурякової меляси в біоетанол; огляд основних біохімічних процесів, що відбуваються при трансформації сировини; розрахунок матеріального балансу процесу; опис технологічної схеми виробництва; вибір та розрахунок

основних параметрів та проектування обладнання (ферментера) для збродження м'ясного сусли; заходів з охорони праці та захисту довкілля.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Технологічна схема переробки бурякової м'яси в біоетанол (A1); Апаратурна схема переробки бурякової м'яси в біоетанол (A1); Креслення ферментера для збродження м'яси в біоетанол (A1)

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 3	Саблій д.т.н., проф.		

7. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту		
1	Літературно-патентні дослідження, характеристика сировини		
2	Розроблення біохімічних основ проекту. Підготовка технічної пропозиції		
3	Виконання розрахунків, вибір схеми, способу і методів контролю		
4	Обґрунтування технології		
5	Підбір і характеристика основного та допоміжного обладнання		
6	Оформлення проекту		
7	Підготовка до захисту		

Студент

Керівник проекту

Проць С. Ю.

Щурська К. О.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 105 с., 7 рис., 11 табл., 40 посилань.

У даному дипломному проєкті розроблено технологічну схему виробництва біоетанолу – біопалива або паливну добавку, з бурякової меляси. Технологія включає допоміжні роботи, підготовку м'ясного сусла, збагачення його поживними речовинами, зброджування меляси дріжджами *Saccharomyces cerevisiae*, очищення спирту від домішок, зневоднення та одержання 98 % біоетанолу. Обґрунтовано вибір виробничого біосинтезу, а саме процесу безперервної ферментації сировини по двопотоковій схемі зброджування. Наведено характеристику сировини, меляси та біологічного агенту, обґрунтовано вибір технології молекулярних сит для зневоднення біоетанолу, розраховано матеріальний баланс процесу, розроблена і описана технологічна та апаратурна схеми виробництва біоетанолу, наведені методи контролю на всіх стадіях виробництва, що забезпечують виконання технологічного режиму. Спроектовано ферментер для зброджування м'ясного сусла об'ємом 100 м³, наведено його основні технічні характеристики, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.

БІОЕТАНОЛ, МЕЛЯСА, ФЕРМЕНТАЦІЯ, СУСЛО, SACCHAROMYCES CEREVISIAE, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ФЕРМЕНТЕР, РЕКТИФІКАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The explanatory note : 105 pages, 7 figures, 11 tables, 40 references.

The project of technological process of beet molasses conversion into bioethanol– additive to motor fuel, that includes the preparation of molasses wort for further fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* yeast, rectification, dehydration and recovery of 98 % was developed. The choice of process of continuous fermentation on a two-stream fermentation scheme is justified.

Characteristics of beet molasses as raw materials for bioethanol production are given, requirements for bioraw materials are mentioned, the scheme of its preparation for fermentation is proposed, the optimal modes of preparation and fermentation are specified, the choice of molecular sieve technology for bioethanol dehydration is justified, the material balance of the process is calculated, the technological scheme and hardware circuit of bioethanol production are described, the main and auxiliary equipment are chosen, the specified points and control parameters stages of the process required to ensure the quality of the final product, occupational safety and the environment are mentioned. The fermenter for molasses wort fermentation volume of 100 m³ was designed, the following calculations were made: constructive, thermal and calculation of the mixing device.

BIOETHANOL, MOLASSES, CONTINUOUS FERMENTATION, WORT.
SACCHAROMYCES CEREVISIAE, MATERIAL BALANCE, FERMENTER,
RECTIFICATION, MOLECULAR SIEVE, TECHNOLOGICAL SCHEME.

					<i>ЕКБ.БЕ5121.ДП</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА..	
1.1. Характеристика бурякової меляси.....	
1.2. Характеристика біологічного агента	
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З БУРЯКОВОЇ МЕЛЯСИ	
2.1. Санітарна підготовка виробництва	
2.2. Підготовка поживного середовища	
2.3. Підготовка посівного матеріалу	
2.4. Стадія біосинтезу	
2.5. Виділення спирту та його очищення	
2.6. Зневоднення та очищення біоетанолу	
РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З БУРЯКОВОЇ МЕЛЯСИ	
3.1. Біохімія спиртового бродіння	
3.2. Характеристика кінцевого продукту	
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З БУРЯКОВОЇ МЕЛЯСИ	
4.1. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів, що використовуються у виробництві	
4.2. Опис технологічного процесу	
4.3. Контроль виробництва	
4.4. Матеріальний баланс	
РОЗДІЛ 5. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	
5.1. Опис та обґрунтування конструкції ферментера для зброджування меляси в біоетанол	
5.2. Технічна характеристика ферментера	69

5.3. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	70
5.3.1. Технологічний розрахунок	73
5.3.2. Тепловий розрахунок	74
5.3.3. Розрахунок перемішуючого пристрою.....	79
5.4. Вибір загальнозаводського обладнання	81
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .	
6.1. Техніка безпеки та охорона праці	82
6.2. Охорона навколишнього середовища	
ВИСНОВКИ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92
ДОДАТОК А	97

ВСТУП

Енергетична проблема є однією з найбільших гострих у світі. Темпи розвитку економіки, ріст потреб населення вимагає все більшої кількості традиційних енергоносіїв, що мають властивість до вичерпання. Тому більшість країн знаходиться у постійному пошуку вирішення цієї проблеми шляхом збільшення альтернативних видів палива[1].

Біотехнологічні способи отримання біопалива вже використовуються в багатьох країнах. В Україні велика кількість біотехнологічних процесів знаходиться на стадії розробки. Оскільки ціни на нафтову сировину різко зростають, екологічний стан країни є проблемою, зацікавленість у вирішенні питань з виробництва біопалива біотехнологічними методами також зростає.

Україна належить до країн, які мають дефіцит власних енергоносіїв і може забезпечити свої потреби за рахунок власних енергоносіїв лише на 50 %, а в нафті – на 10-12 %, в природному газі – до 30 %, що створює загрозу енергетичній безпеці країни [1].

Використання біопалива є одним з основних способів вирішення енергетичної проблеми та має ряд переваг: поновлювальні ресурси, екологічна нейтральність та низька собівартість.

Біоетанол - це етанол, який отримують у процесі переробки рослинної сировини для використання як біопаливо або паливну добавку. Його використання в сумішах покращує властивість палива, а також зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.

Приблизно 85 % світового виробництва рідкого біопалива припадає на виробництво біоетанолу. В останні роки випуск біоетанолу у світі перевищив 85 млрд л. США і Бразилія — це два найбільші виробники даного виду біопалива, забезпечують близько 90 % сукупного виробництва, а решта припадає на Китай, Канаду, ЄС (в основному Францію і Німеччину) та Індію.

Цукри та крохмаль, які одержують із цукрової тростини, цукрового буряку, кукурудзи, пшениці, сорго тощо, слугують сировиною для

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва біоетанолу. Загалом енергетичний потенціал біопалива в Україні оцінюють у 27 млн т умовного палива на рік [2].

Метою дипломного проекту є вибір та обґрунтування технології виробництва біоетанолу з бурякової меляси.

Завданнями для досягнення поставленої мети є:

- навести основні характеристики сировини та біологічного агенту;
- обґрунтувати вибір технологічної схеми виробництва біоетанолу з бурякової меляси;
- навести схеми біохімічних процесів, які відбуваються при проведенні технологічного процесу;
- розробити апаратурну та технологічну схеми виробництва біоетанолу;
- спроектувати та розрахувати ферментер для виробничого біосинтезу;
- навести перелік заходів щодо охорони праці та охорони довкілля при виробництві біоетанолу.

					<i>ЕКБ.БЕ5121.ДП</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА

1.1. Характеристика бурякової меляси

Біоетанол на сьогодні використовує сировину, багату сахаридами, такі як цукрова тростина або цукровий буряк, а також сировину, багату крохмалем, такими як кукурудза і пшениця.

Ціна нафти перевищила \$ 100 за барель протягом 2006 року, разом із цим великою проблемою є екологічний стан світу та глобальне потепління, тому країни світу почали виявляти інтерес до великомасштабного виробництва біоетанолу, для якого сировиною є сільськогосподарські та лісові відходи. Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* є переважним ферментуючим мікроорганізмом для виробництва біоетанолу внаслідок високої і добре документованої промислової діяльності.

Розрізняють процеси етанольної ферментації, яка може проводитись в періодичному або безперервному режимах.

Сьогодні Бразилія разом із Сполученими Штатами є найбільшим у світі виробником біоетанолу, що виробляє більше 16 млн. л (4 млрд. галонів)

Щорічно в Бразилії сировиною для виробництва етанолу є цукровий очерет, в той час як у Сполучених Штатах основна сировина - кукурудза. Обидва джерела містять великі фракції сахаридів, вміст сахарози становить майже 20%.

Сахароза цукрових буряків також використовується в зростаючій етаноловій промисловості в Західній Європі.

Виробництво етанолу стрімко зростає у багатьох країнах, які рекомендують збільшити використання біоетанолу в транспортному секторі.

Сахаридаи та дисахаридаи легко ферментуються до біоетанолу.

При виробництві етанолу з меляси цукрової тростини, в'язкі залишки, багаті сахаридами, залишені після кристалізації сахарози, або сік тростини, що використовуються як сировина можуть зберігати деякий період часу без

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікробіологічного псування. Її розбавляють перед ферментацією для полегшення прокачування і для уникнення інгібуючої концентрації етанолу при ферментації.

Отже, в переважній більшості сировиною для виробництва біоетанолу слугують цукровмісні (цукрова тростина, цукровий буряк, цукрове сорго, топінамбур) чи крохмалевмісні (кукурудза, жито, пшениця, картопля) сільськогосподарські культури. Рідше використовують целюлозовмісну сировину, яка в подальшому під дією ензимів може бути перетворена на глюкозу. Целюозна сировина (стебла, трави, залишки сільськогосподарської та деревообробної промисловості) складається з целюлози, геміцелюлози та лігніну. Целюлоза та геміцелюлоза при певній обробці можуть бути перетворені на цукрозу. У світовій практиці широко використовують багаторічні трави — міскантус та сорго.

Підприємства України використовують для виробництва біоетанолу кукурудзу, бурякову мелясу або зелену патоку [3].

У 2011- 12 роках цукрові заводи України закупили 17557 тис т цукрових буряків, з яких одержали 2226 тис т цукру, 669 тис т меляси та 13890 тис т жому. Виробництво зазнає збитку, головною проблемою є нераціональне використання побічної продукції — меляси, з 1 т якої можна отримати 300 л біоетанолу [4].

При раціональному використанні усіх ресурсів, зросте рентабельність підприємств, а також це сприятиме розвитку сільськогосподарської та харчової промисловості України.

Біоетанол, що виготовляється традиційними методами сільськогосподарської сировини є біоетанолом першого покоління. Сировиною є цукри (димери моносахаридів глюкози та фруктози) та крохмалевмісні (полісахариди глюкози) культури, такі як зерно та кукурудза. Крохмаль потрібно спочатку гідролізувати до моноцукрів під дією ферментів або хімічних агентів на відміну від цукрів.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сировиною для виробництва біоетанолу другого покоління є лігніноцелюлозні матеріали, такі як солома, деревина та сільськогосподарські відходи. Така сировина є дешевою, адже доступна в якості відходів, проте технологічний процес більш складний (ферментація лігніноцелюлози), ніж перетворення цукрів та крохмалю [5].

Для оцінки якості сировини варто оцінити вихід продукту з 1 га сировини.

Таблиця 1.1. Виробництво біоетанолу з різних видів сировини

Культура	Урожайність, т\ га	Вихід біоетанолу з 1 га, дал
Картопля	20	240
Пшениця	4.5	180
Жито, ячмінь	3,5	119
Зерно кукурудзи	5	200
Цукрові буряки	40	400

Порівнюючи сировину за виходом з 1 га в перерахунку на кількість спирту, який можна отримати, свідчить на користь цукрових буряків (табл. 1.1) [5].

Також на вибір сировини впливає собівартість виробництва. Суттєво на зменшення собівартості біоетанолу і, відповідно, підвищення його конкурентоспроможності впливає технологія виробництва. Технологія біоетанолу складається з двох етапів: виробництво етанолу та подальше його зневоднення (дегідратація). Для зневоднення етилового спирту використовують азеотропну ректифікацію, адсорбцію на молекулярних ситах та випаровування через мембрану (табл. 1.2) [6].

Таблиця 1. 2. Собівартість виробництва біоетанолу з продукції переробки цукрових буряків за різної технології

Біосировина	азеотропна ректифікація	адсорбція на молекулярних ситах	випаровування через мембрану

	грн/л	грн/л	грн/л
Цукрові буряки	9,2	9,0	8,8
Зелена патока	7,5	7,3	7,1
Сироп	10,4	10,1	9,9
Меляса	5,9	5,7	5,5

Найнижча вартість виробництва біоетанолу з меляси, при використанні усіх трьох технологій.

Меляса — побічна продукція бурякоцукрового виробництва, яка використовується як сировина для виробництва етилового спирту, харчових кислот, хлібопекарських та кормових дріжджів і як добавка до корму сільськогосподарських тварин.

Меляса є важливим побічним продуктом цукрових буряків (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*) або цукрової тростини (*Saccharum* L.) для біотехнологічної промисловості. Тростинна та бурякова меляса є в'язким, темно-кольоровими сиропи які є відходами при виробництві цукру.

Цукровий буряк став головним джерелом цукру в Європі через хороші кліматичні умови для вирощування. Поряд зі зростаючою тенденцією до вирощування цієї культури, почав зростати інтерес до використанні цукрової меляси.

Меляса є багатокомпонентною системою з широкою варіацією складу в основному обумовлені змінами в технологічному процесі при стадії очищення соку та стадії кристалізації сахарози. В основному складається з ферментативних цукрів (сахароза, глюкоза, фруктоза) і не цукрової речовини, що походять з сполук, які не осаджуються під час стадії очищення, а також речовин, отриманих хімічними або ферментативними реакціями під час обробки, такими як молочна кислота, жирні кислоти і продукти реакції Майяра і деструкція Штреккера.

Меляса характеризується високим вмістом твердих речовин (сухої речовини). Тверді речовини меляси складаються з 47-48% загального цукру,

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в якому знаходиться сахароза (найбільший вміст), а також в менших кількостях присутні: рафіноза (1%), глюкоза (0,25%) і фруктоза (0,25%). Нецукрова частина меляси охоплює мінеральні та мікроелементи такі як калій, натрій, кальцій, магній, залізо і мідь, також містить діапазон важливих біоактивних сполук такі, як сирі протеїни, незотисті речовини, комплекс вітаміну В, біотин, і калію (близько 3,6%).

Бурякова меляса має виражений антиоксидантний потенціал і визнана придатною для експлуатації у великому масштабі як джерело антиоксидантів і як інгредієнт у функціональних продуктах.

Серед різних видів сировини меляса є найбільш вигідною для виробництва етилового спирту. У ній високий вміст зброджуваних цукрів, а також речовин, які потрібні для нормальної життєдіяльності дріжджів. При переробці меляси спрощується технологічна схема, тому що виключаються операції розварювання сировини і оцукрювання крохмалю ферментами солоду або ферментних препаратів. У мелясному суслі відсутні декстрини, тому воно швидше зброджується, при цьому зменшуються втрати зброджуваних вуглеводів і збільшується вихід спирту у перерахунку на умовний крохмаль, знижується собівартість спирту і зростає продуктивність праці [8].

Технічні характеристики бурякової меляси наведено у ДСТУ 3696-98 (ГОСТ 30561-98)

За органолептичними показниками бурякова меляса повинна відповідати зазначеним вимогам (табл. 1.3)

Таблиця 1. 3. Органолептичні показники

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Густа в'язка непрозора рідина
Колір	Від коричневого до темно-бурого
Запах	Властивий буряковоцукровій мелясі без стороннього запаху

Смак	Солодкий з гіркуватим присмаком
Розчинність у воді	Повна, розчиняється у будь-яких співвідношеннях у гарячій і холодній воді

За фізико-хімічними показниками бурякова меляса повинна відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 1.4

Таблиця 1.4. Фізико-хімічні показники

Назва показника	Норма
Масова частка сухих речовин, %, не менше	75,0
Масова частка сахарози, %, не менше	43,0
Масова частка суми цукрів, що зброджуються, %, не менше	44,0
Величина рН	6,5-8,5

За мікробіологічними показниками бурякова меляса повинна відповідати вимогам, наведеними у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5. Мікробіологічні показники

Назва показника	Норма
Загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше	1,0x10 ⁵
Плісняві гриби, КУО в 1 г, не більше	1,5x10 ⁴

В мелясній золі багато калію (30 – 40%), магнію (1,5 – 4,5%), кальцію (до 14%), заліза та інших елементів, але порівняно мало фосфору.

У виробництві біоетанолу вміст сахарози, сухої речовини, летких кислот і значення рН є найбільш важливими параметрами для оцінки якості меляси. Ці фактори впливають на стабільність меляси і їх значення можуть вказувати на зміну якості меляси при зберіганні. Бурякова меляса має значні відмінності щодо азотистих сполуки, цукру, що ферментується, зольного і вітамінного складу.

Бурякова меляса має складний і непостійний хімічний склад, який залежить від ґрунтово-кліматичних умов вегетації, від добрив, які застосовуються, способів збирання, умов і тривалості зберігання цукрового буряку, технології цукроваріння та інших факторів [8].

1.2. Характеристика біологічного агента

Біологічним агентом при зброджуванні цукрів є дріжджі.

Дріжджі повинні мати високу бродильну активність, витримувати високу концентрацію солей і сухих речовин, бути стійкими до продуктів обміну сторонніх мікроорганізмів [9].

Для промислово виготовлення біоетанолу з цукрів найчастіше використовують *Saccharomyces cerevisiae*. Оскільки вони характеризуються високими темпами росту $0,25-0,33 \text{ год}^{-1}$, а також вони стійкі до високих концентрацій етанолу і низьких значень рН [10]. Володіючи високою швидкістю росту і активним брунькуванням, штам забезпечує стабільні показники накопичення біомаси в процесі дріжджегенерації [11].

Saccharomyces cerevisiae належать до царства грибів – *Mycota*, до відділу – *Eumycota*, до класу *Ascomycetes*, сімейства – *Saccharomycetaceae*, до роду – *Saccharomyces*, виду – *cerevisiae* [12].

Спиртові дріжджі *S. cerevisiae*, являють собою одноклітинні мікроорганізми, здатні зброджувати цукри, що містяться в оцукреному суслі, у спирт.

Характерні ознаки штаму *Saccharomyces cerevisiae* ВІН-1:

1. Морфологічні ознаки.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У солодовому суслі клітини округлі, овальні, подовжено-овальні. Розмір клітин 3,5-10х4,5-7,0 мкм. Форма клітин: овальні і овально-подовжені. Вегетативне розмноження – зазвичай розмножуються брунькуванням і дуже рідко (при великому дефіциті поживних речовин) дріжджі розмножуються спороутворенням. У несприятливих умовах утворюють артроспори і рідко сумки з 1-4 спорами;

2. Культуральні ознаки.

Колонії на сусло-агарі округлі, гладкі, тьмяно блискучі з рівним краєм. Колір колоній від молочно-білого до кремового. Штрих на сусло-агарі вологий, матовий, гладенький, світло-кремового кольору [13].

3. Фізіолого-біохімічні ознаки.

Зброджує глюкозу, фруктозу, сахарозу, галактозу, мальтозу, рафінозу, декстрини, також зброджує ксилозу і арабінозу, але слабше, не зброджує лактозу і інулін та крохмаль. Факультативний анаероб. Оптимум росту – 30°C (може рости при 28 – 36°C) , оптимальні значення рН 4,5 – 5,0 (може рости і здійснювати бродіння при рН 3,8 – 4). Відношення до спиртів: засвоює гліцерин і етанол, не засвоює маніт, дульцит, сорбіт. Відношення до органічних кислот: засвоює оцтову і молочну кислоти, не засвоює бурштинову, яблучну, винну і лимонну кислоти. В якості джерел азоту засвоює всі солі амонію [14].

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З БУРЯКОВОЇ МЕЛЯСИ

2.1. Санітарна підготовка виробництва

Біотехнологічне виробництво, як технологічний процес можна умовно розділити на декілька блоків, визначити послідовність їх виконання та виявити наявні між ними зв'язки. До таких блоків відносять:

- роботи підготовчого характеру - до них відносяться стадії санітарної підготовки виробництва, підготовки поживного середовища, підготовка обладнання та комунікацій, підготовки (технологічного) аераційного повітря та інше;

- роботи основного виробництва - це підготовка посівного матеріалу, виробничий біосинтез, виділення цільового продукту (біологічно-активної речовини) та інше;

- в окремий блок виділені роботи по пакуванню, маркуванню та відвантаження готової продукції;

- роботи екологічного забезпечення – це роботи по знешкодженню повітряних та рідких викидів, та роботи по використанню відходів виробництва.

Перед початком виробничого процесу, для його безперебійного проведення проводиться підготовка персоналу, обладнання та комунікацій. Персонал повинен пройти санітарно-медичне обстеження, інструктаж та отримати засоби індивідуального захисту.

Трубопроводи та обладнання перед роботою, для дотримання санітарних норм, миються і стерилізуються.

Дезінфекція території, виробничих потужностей, обладнання, інвентарю та упаковки на території підприємства цієї галузі проводяться відповідно до діючих інструкцій інструкцій.

Основним завданням санітарної підготовки виробництва є мінімізація кількості контамінантів учасників виробничого процесу:

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в поживному середовищі;
- в технологічному аераційному повітрі;
- на поверхнях обладнання, яке контактує з поживним середовищем;
- забезпечення чистоти на виробничих ділянках де чистота та асептика можуть вплинути на якісні показники продукції.

Санітарна підготовка виробництва реалізується за рахунок виконання робіт по щоденному позмінному та генеральному прибиранні виробничих приміщень, а також централізованою підготовкою обладнання.

Для знезараження використовують 0,2-4% розчин хлораміну Б. Готують розчин розмішуючи порошок в невеликій кількості гарячої води (50-60°C), потім доводять розчин водою до потрібного об'єму.

Для миття та знезараження внутрішніх частин обладнання використовують розчин їдкого натру.

При підготовці приміщень виконують: прибирання підлоги, зовнішньої поверхні обладнання і трубопроводів, використовуючи розчини антисептиків та детергентів, наприклад водним розчином хлораміну Б з концентрацією від 0,3 до 3%.

При появі дріжджової інфекції, один раз в добу все робоче приміщення обробляють 1% розчином хлораміну. Окрім боротьби із сторонньою мікрофлорою, в цеху біосинтезу проводять профілактичні заходи - поверхню апаратів, збірників, трубопроводів миють 1 – 2% розчином хлорного вапна (при цьому рекомендується міняти антисептик).

Підготовка обладнання включає такі операції:

- миття устаткування - спочатку миють водою (холодною/гарячою), упродовж двох хвилин з передачею води у «збірник нейтралізації» (показати на АС), перед скидом рідини у систему каналізування рідких викидів.
- миття продовжують розчином лугу 1%, упродовж 10 хвилин при 40°C, з поверненням (рецикл) розчину в збірник нейтралізації.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проводиться ополіскування «очищеною»-демінералізованою або пом'якшеною водою, з передачею води в збірник нейтралізації.

В тому випадку коли у обладнання (на поверхні) присутні стійкі до видалення забруднення миття проводять розчином кислоти 1%, при 20°C, з повертанням розчину у збірник нейтралізації; проводять ополіскування очищеною або пом'якшеною водою, з передачею води в збірник нейтралізації; процес завершується ополіскуванням очищеною водою, упродовж 5 хвилин, з повертанням води в збірник рециркуляційної води [15]. Стерилізацію обладнання та прилеглих комунікацій проводять гострою парою ($t=110^{\circ}\text{C}$ за тиску 0,2 МПа протягом 1,5 год), з подальшим охолодженням. В процесі стерилізації водяна пара не утворює шкідливих для процесу біосинтезу речовин і основними продуктами, що утворюються після стерилізації, є вторинна пара та конденсат. Також гострою парою стерилізуються прилеглі комунікації (для подачі поживного середовища, посівного матеріалу, для відбору проб, миючих та дезінфікуючих розчинів, води) та сорочка ферментера [9].

2.2. Підготовка поживного середовища

При подачі у ферментер, суспензія дріжджів повинна мати потрібну концентрацію клітин дріжджів і максимальну синтетичну активність дріжджів.

Спочатку готується поживне середовище. Метою даної стадії є забезпечення дріжджів необхідними поживними речовинами.

Підготовка меляси включає такі операції: антисептування, підкислення, збагачення поживними речовинами (для цього додають джерела азотного та фосфорного живлення), гомогенізації антисептованої меляси і розведення водою (розсировка).

Кислотність меляси необхідно підтримувати на рівні $\text{pH}=5$ [13].

Для знезараження меляси використовують зазвичай хімічний спосіб. Для цього використовують розчин сірчаної або соляної кислоти. При вико-

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ристанні соляної кислоти витрати менші, що є її перевагою. А при використанні сульфат-іонів є більш важливим те, що вони менш токсичні по відношенню до дріжджів, а також цукри більш повно зброджуються та вихід спирту вищий, ніж при використанні соляної кислоти. При упарюванні нейтралізованої до рН 6 «сірчаною кислотою» барди значно зменшується корозія обладнання, не утворюється накипу у випарних установках, покращується якість конденсату, стічних вод і випареної барди. Тому перевагу надають все-таки використанню сірчаної кислоти [10].

Деякі мікроорганізми, що наявні в мелясі, є кислотостійкими, тому анти-септування меляси не забезпечує знешкодження найбільш небезпечної мікрофлори, тому необхідно проводити теплову стерилізацію. Термічний спосіб найбільш відповідає техніко-економічним вимогам виробництва.

При стерилізації меляси при температурі 85-110° С не змінюється хімічний склад меляси (не протікають мелаїдинова реакція та оксиметил-фурфурольний розпад цукрів), проте при даній температурі в середовищі залишаються терморезистентні форми мікроорганізмів (наприклад, молочнокислі палички та коки). Тому для досягнення повної стерильності необхідно підвищити температуру стерилізації до 110-120 °С [17].

Розбавлення меляси водою перед стерилізацією значно знизить інтенсивність побічних реакцій. При короткочасній обробці мелясних розсиропок концентрацією сухих речовин 40-50% при високих температурах біологічна цінність сировини не знижується. Такі умови забезпечуються в установках безперервної стерилізації (УБС) [18].

Стерилізацію проводять в установках безперервної стерилізації. Стерилізують та охолоджують до 30°С [12].

Так як меляса не містить достатньої кількості речовин, необхідних для живлення дріжджів, передбачається збагачення її джерелами азотного і фосфорного живлення. Дріжджі засвоюють тільки дві форми азоту: аміачний та органічний. В якості азотного живлення використовують сечовину (карбамід), яку вносять в мелясу у вигляді водного розчину. Джерелом

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фосфору для дріжджів служить 70%-ва технічна ортофосфорна кислота. В анаеробних умовах дріжджі засвоюють фосфор головним чином у початковий період зброджування — 80-90% від максимальної кількості у дріжджах. Молоді дріжджі, які енергійно розмножуються. Більш багаті фосфором у порівнянні з дріжджами старими, які не брунькуються [19].

Підготовка поживних середовищ відбувається в реакторах з механічним перемішуванням, куди подається меляса, розчин сірчаної кислоти (в реактор для приготування дріжджового сусла), розчин формаліну (у реактор для приготування основного сусла), розчин карбаміду, розчин ортофосфорної кислоти 70% та вода.

2.3. Підготовка посівного матеріалу

Дріжджі в культурах на щільних поживних середовищах ростуть у вигляді колоній різного кольору, форми і консистенції, а в рідких середовищах утворюють муть, плівки та осади. Колонії дріжджів на перший погляд не відрізняються від бактеріальних: для колоній не характерний повітряний міцелій як для актиноміцетів та грибів, а частіше колонії бувають гладкими, щільними та густими [9].

Метою стадії є ступеневе збільшення кількості біомаси спиртових дріжджів. Спочатку чистку культуру з банку клітин розмножують у декілька стадій: у пробірках, колбах і потім в кюветах. Далі проводять культивування спиртових дріжджів першої генерації.

Чисту культуру мікроорганізму, яку одержують шляхом послідовного пересіву з пробірки в колбу, потім – в ємності і апарати більшого об'єму, аж до її передачі для одержання виробничої культури називають посівним матеріалом (ПМ) або посівною культурою.

Посівний матеріал повинен мати такі властивості:

- здатність продукувати певний вид ферментів;
- оптимальну тривалість культивування та досягнення максимального нагромадження ферментів за певний період часу;

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- містити необхідну для культивування кількість спор або клітин на одиницю маси;
- не бути засміченим сторонньою мікрофлорою [9].

Посівний матеріал готують глибинним способом, для засіву виробничого поживного середовища при глибинному культивуванні. Його готують у декілька стадій:

- відновлення вихідної культури на агаризованому середовищі;
- вирощування маточної культури у колбах на рідкому поживному середовищі на качалці ($V=2$ л) (вирощування на качалці при перемішуванні (струшуванні) збільшує швидкість росту культури, що пов'язано з інтенсифікацією масообміну);
- культивування продуцента в колбах більшого об'єму ($V=5$ л);
- вирощування посівної культури у інокуляторі малого об'єму;
- дріждегенерації в посівному ферментері.

Існує періодичний та безперервний спосіб культивування. Типовим рішенням на спиртових заводах є саме періодичний спосіб культивування. Постадійне приготування посівного матеріалу необхідна для підвищення титру клітин в інокуляті та збільшення кількості посівного матеріалу культури [16].

Дріжджі культивують в частково аеробних умовах, оскільки здатність дріжджів розмножуватись в анаеробних умовах, на мелясних розпирках, недостатня. Інтенсивність аерації невелика, у зв'язку з цим одночасно реалізується два типи дихання – аеробне та анаеробне, в результаті чого дріжджі продукують і біомасу і спирт [10].

Дріжджі живуть і розмножуються в обмеженому температурному діапазоні і для їх нормальної життєдіяльності необхідна температура 29-30°C. При дуже високій або дуже низькій температурі життєдіяльність дріжджів послаблюється або зовсім припиняється. Дріжджі, вирощені при температурі 17-22°C, мають велику бродильну енергію.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Життєдіяльність дріжджів зберігається у межах рН від 2 до 8, а оптимальним значенням для їх вирощування є рН 4,8-5,0.

Середній елементарний склад дріжджової клітини (%): вуглець 47, водень 6,5, кисень 31, азот 7,5-10, фосфор 1,6-3,5.

Гомогенність забезпечується ретельним перемішуванням середовища, для чого в апараті передбачена наявність перемішуючого пристрою – турбінної мішалки.

Дріжджегенерація проводиться по неперервній схемі.

Необхідним при конструюванні дріждегенераторів є забезпечення рівності коефіцієнтів розбавлення середовища при інтенсивному розмноженні дріжджів та швидкості росту дріжджів. Це забезпечується стабілізацією технологічного режиму: аерацією при перемішуванні, рівномірною подачею поживного середовища, автоматизацією основних параметрів. Температуру слід підтримувати на постійному рівні $30 \pm 1^\circ\text{C}$, для цього реактор та інокулятор облаштовані суцільними сорочками, в які подається теплоносій – вода. При дуже активному піноутворенні в дріждегенераторах як піногасник використовують олеїнову кислоту [19].

2.4. Стадія біосинтезу

При виборі схеми зброджування м'ясного сусла розглянемо декілька способів: однопотоковий та двопотоковий.

При однопотоковому способі бродіння готують однакові розчини (розсиропку) м'яси для операцій дріждегенерації та ферментації. Однопотоковий спосіб використовують на заводах, які виробляють одночасно спирт і хлібопекарські дріжджі.

Двопотокова схема передбачає поділ м'яси на дві частини: на одній частині вирощують дріжджі, а друга частина використовується для ферментації в якості основного сусла, яке змішують в головному апараті з дріжджами. При використанні двопотокової схеми, дріжджі вирощуються на м'ясному суслі з низькою концентрацією (10 – 12% і навіть 7 – 8% сухих

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

речовин), а на зброджування надходить або подається м'ясна розсиропка концентрацією 32 – 35% сухих речовин [12].

При зниженому вмісті цукрів в зброджуваному середовищі дріжджові клітини знаходяться в більш активному фізіологічному стані, в результаті чого відбувається більш повне зброджування цукрів. Окрім цього, в зрілій бражці накопичується на 25-30 % менше гліцерину, менше вищих спиртів, альдегідів. Тому посівну культуру дріжджів при зброджуванні м'яси при двостадійному способі вирощують на м'ясній розсиропці з вмістом сухих речовин 8 – 12%.

Використання двостадійного способу для приготування розсиропки має свої недоліки і переваги. Недолік - ускладнене апаратне оформлення через влаштування двох вузлів. А переваги - зниження витрат цукрів на синтез нової біомаси та підвищення виходу спирту приблизно на 2% [10]. Тому обрано двопотокову схему для зброджування м'яси.

Вибір способу культивування.

Є два способи проведення процесу культивування – поверхневий і глибинний. Якщо порівняти цих два способи між собою, то глибинний спосіб має ряд переваг [20]:

- Більша питома площа контакту клітин з середовищем;
- Не потребує великих площ і громіздкого обладнання, об'єм ферментерів можна збільшити за рахунок збільшення висоти;
- Більша ефективність та продуктивність;
- Простота обслуговування, можливість автоматизації;
- А також забезпечення асептичних умов при біосинтезі.

Забезпечення асептики є дуже важливою умовою, Оскільки, оптимальними умовами для культивування *S. cerevisiae* є температура близька до 30 °C та рН = 4,5 - 5, то це зумовлює ризик контамінації культуральної рідини мезофільними мікроорганізмами, яких в навколишньому середовищі найбільше.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Асептичність контролюється протягом всього часу культивування. Такі умови забезпечуються попередньою стерилізацією обладнання і комунікацій, компонентів поживного середовища, аераційного повітря, піногасників, та усіх компонентів і речовин які потрапляють в середину ферментера. Також для запобігання контамінації в ферментері створюється надлишковий тиск. Тому в сучасних умовах на підприємствах застосовують, в основному, глибинний спосіб культивування.

Отже, культивування проводимо глибинним способом, дане культивування може бути безперервним та періодичним.

Найстарішим способом зброджування є періодичний спосіб. Для нього характерне проведення бродіння від початку до кінця в одному апараті. Цей процес відбувається в три стадії: зброджування полягає в активації дріжджів, без видимих ознак бродіння; головне бродіння — характеризується швидким споживанням цукру, інтенсивним виділенням вуглекислоти і утворенням 80-85% всього спирту; доброджування — відбувається засвоюванням важко-зброджуваної галактози, по мірі використання поживних речовин і накопичення продуктів бродіння, швидкість процесу уповільнюється, дріжджі осідають. Періодичний метод бродіння має ряд недоліків, основним з яких є тривалість процесу (3-4 доби) і його трудоемність [12].

Проведення процесу бродіння безперервним способом є найбільш використовуваним способом в промисловості і показує гарні результати. Безперервне культивування дає можливість продовжити життя популяції, підтримуючи її за допомогою безперервної подачі свіжого поживного середовища, та відбору біомаси і утворених продуктів метаболізму. Таким чином, культуру мікроорганізму можна культивувати в одній фазі росту (зазвичай в експоненційній), отримати необхідні продукти метаболізму або біомасу. Процес характеризується низькою тривалістю, високим виходом спирту і можливістю рециркуляції дріжджів.[15].

Тому для культивування *S. cerevisiae* обираємо безперервне глибинне культивування, оскільки воно є більш раціональним.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Виділення біоетанолу

Виділення спирту з бражки засновано на тому, що леткість спирту в спирто-водних сумішах при концентрації спирту до 97,2% вища, ніж леткість води. Будь-яку бражку можливо розігнати в одній ректифікаційній колоні на спирт, міцність якого буде близькою до 97,2%, та на водний розчин всіх інших компонентів, які наявні в бражці, за виключенням летких; останні будуть концентруватись в процесі ректифікації разом зі спиртом, тому якість продукту не буде відповідати вимогам ГОСТу. Отже, важливо виділити спирт з бражки таким чином, щоб він містив мінімум летких компонентів. Дана проблема можна вирішити на основі того, що рівні летючості кожної домішки і самого спирту різні [13].

Процес виділення спирту безпосередньо з бражки проходить в брагоректифікаційних установках. Мета процесу очистки спирту — звільнити його від більшості супровідних домішок і одержати спирт стандартної концентрації. Для відділення домішок і зменшення частки води обрано процес ректифікації, як типове рішення на всіх спиртових заводах. Одночасно домішки, що відбираються, повинні бути максимально сконцентровані та звільнені від етилового спирту. В цьому випадку втрати спирту з побічними продуктами будуть мінімальними [13].

Брагоректифікаційні апарати є основними апаратами для отримання ректифікованого спирту на сучасних заводах. Дані установки є трьох типів прямої, непрямої та напівпрямої дії. Всі вони відносяться до установок неперервної дії. Усі вони мають свої недоліки і переваги.

Особливість установок прямої дії полягає в живленні спиртової колони спирто-водяною парою, що виходить безпосередньо з бражної колони, теплота гріючої пари використовується дворазово. Перевагою установки прямої дії є: найбільш економічні показники відносно витрати гріючої пари і води, а недоліком - менший вихід ректифікованого спирту та складність

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керування, так як колони пов'язані між собою рідинними та паровими потоками.

Установки непрямої дії мають таку особливість, як попереднє вилучення з бражки спирту й супровідних йому домішок, в результаті чого одержується спирт-сирець (бражний дистилят), який в рідкому вигляді направляється в епюраційну колону, а потім для очистки в спиртову колону. Переваги - можливість одержання спирту високої якості та легкості керування, оскільки колони пов'язані між собою тільки рідинними потоками, а недолік - витрачається значна кількість води та пари.

В установках напівпрямої дії спирто-водна пара з бражної колони через сепаратор подається в епюраційну колону. Епюрат, що звільнився від легколетких домішок, направляється у вигляді рідини в спиртову колону.

Переваги: в цих установках витрачається дещо менша кількість гріючої пари, ніж в установках непрямої дії, та забезпечується висока якість спирту.

Недоліки: неправильне конструювання епюраційних колон (відношення площ перерізу концентраційної та виварної частин дорівнює 1, а для забезпечення нормального режиму роботи, переріз концентраційної частини повинен бути більшим в 3-4 рази) у зв'язку з чим експлуатаційні показники нижче ніж у двох попередніх установках [10].

Розглянувши переваги та недоліки кожної з трьох типів ректифікаційних колон для браги, обираємо установку непрямої дії, адже при її використанні досягається максимально висока якість спирту та легкість керування, що важливо при неперервному виробництві, а також брагоректифікаційна установка є типовою для виробництва біоетанолу.

Найбільшого розповсюдження отримали триколонні установки. Вони мають 3 основні ректифікаційні колони: бражна, епюраційна та спиртова. Можливі варіанти з додатковими колонами, наприклад метанольна, яка застосовується для виділення спирту з гідролізної бражки. Бражка, отримана з мелясного сусла, має досить різноманітний склад летких домішок (всі 4 групи: «головні», «хвостові», «проміжні» та «кінцеві») проте вона майже не

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

містить метанолу [21]. Тому, для отримання біоетанолу необхідною є наявність тільки 3 ректифікаційних колон.

В триколонній брагоректифікаційній установці непрямой дії бражна колона має 23-28 одноковпачкових тарілок з міжтарілковою відстанню 300 мм. Для запобігання виносу бражки із спиртоводною парою над бражною колоною встановлюється піноуловлювачі з шаром 300 мм насадки металевих кілець Рашига.

В епюраційній колоні розміщено 39-41 клапанних тарілок з міжтарілковою відстанню 170 мм. В спиртовій колоні – 71-74 тарілки того ж типу, що й в епюраційній.

До кожної колони підключені теплообмінники для конденсації пари, що виходить з колон [13].

2.6. Зневоднення та очищення біоетанолу

Очищення в бражній колоні. На цій стадії — відділяють летку частину бражки від нелеткої. В леткій частині міститься до 40% спирту, що подається в ректифікаційну колону для подальшого очищення.

Очищення в ректифікаційній колоні. На даній стадії — отримують спирт концентрацією 94-95%, в якому відсутні сивушні масла, органічні кислоти та інші домішки. Для цього встановлюється ректифікаційна колона де від спирту відділяється більша частина води та домішок, окрім метанолу.

Очищення в метанольній колоні. Метою стадії є зменшити вміст метанолу в етиловому спирті до значення, що задовольняє вимоги НТД.

Для використання біоетанолу в суміші з паливом необхідно його абсолютувати — зневоднити. [4].

Технічний абсолютний спирт у своєму складі містить усі супровідні леткі домішки (ефіри, альдегіди, вищі спирти та ін.).

Існує декілька способів зневоднення ректифікованого спирту, серед яких дифузійне випарювання, азеотропна ректифікація та технологія молекулярних сит.

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Азеотропна ректифікація - це класичний метод із застосуванням в якості розділяючого агента бензолу. Потрійна суміш «етанол - бензол - вода» утворює потрійний азеотроп, який має найменшу температуру кипіння – 64,85°C. При ректифікації водно-спиртової суміші в присутності бензолу, розділяючий агент (бензол) відбирається разом з дистилятом та повинен «виносити» всю наявну в вихідній суміші воду. Міцність водно-спиртового розчину, що надходить на стадію абсолютування, повинна бути високою. Зазвичай використовують ректифікований спирт міцністю 95 %. В результаті ректифікації в нижній частині колони утворюється абсолютований етиловий спирт, а зверху потрійний азеотроп [18].

Дифузійне випарювання – це альтернативний метод осушування, у якому застосовуються гідрофільні мембрани. З одного боку мембрани створюється вакуум. У силу розходження дифузійного опору й парціального тиску етанолу і води відбувається розділення цих речовин на мембрані. Вода проходить крізь неї, а зневоднений етанол залишається. Даний метод має порівняно низьку ефективність [22].

Технологія молекулярних сит – найсучасніша низькоенергетична технологія зневоднення. Останнім часом у зв'язку з великою увагою до біопалива стали впроваджувати методи зневоднення спирту з використанням цеолітів. Спирт, що одержують, не відповідає вимогам, що поставлені до зневодненого спирту підвищеної якості, який використовується для медичних цілей і при приготуванні харчових продуктів особливого призначення. Метод отримання зневодненого спирту на цеолітах підлягає в основному для великотоннажних виробництв.

Молекулярні сита – це мікропористий матеріал з характерною тривимірної сітчастою структурою - синтетичні цеоліти. У зв'язку з кристалічною природою цеолітів пори цього складного каркаса мають однорідний розмір з сотами, розмір яких зазвичай коливається від 3 до 10 ангстрем (А). Залежно від розміру пор, вони можуть адсорбувати молекули певного розміру, так званий ефект «молекулярного сита» [23].

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Абсолютування біоетанолу на молекулярних ситах відбувається таким чином: перегріта суміш пари етанолу і води проходить через шар цеоліт (пористого матеріалу з дуже точно витриманим розміром пор). Молекули води трохи менше розміру пор і в силу своєї високої полярності затримуються в порах електростатичними силами. У той же час більші молекули етанолу проходять крізь молекулярні сита, не затримуючись. У результаті утворюється безводний етанол.

Даний процес є досить затратним, але компенсується великими обсягами виробництва, необхідними для моторного палива. Використання мембранної технології дозволяє у декілька разів скоротити витрати у вигляді гріючої пари, у порівнянні з азеотропною ректифікацією. Витрати на гріючу пару, а також на охолоджуючу воду, є найбільш вагомими затратами. Окрім цього, по енергетичним затратами технологія молекулярних сит є кращою, як і по капітальним затратам. Для зниження собівартості зневодненого біоетанолу, використовують ректифікований спирт з леткими домішками, які потрапляють і в зневоднений спирт [22].

					ЕКБ.БЕ5121.ДП	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З БУРЯКОВОЇ МЕЛЯСИ

3.1. Біохімія спиртового бродіння

При спиртовому бродінні гексозних моносахаридів в анаеробних умовах відбуваються ферментативні перетворення, що приводять до їх неповного окиснення і виділенням енергії. У цих процесах акцептором водню є не кисень, а проміжні продукти перетворень вуглеводів, наприклад, оцтовий альдегід. Біохімічні процеси анаеробізу протікають всередині дріжджової клітини, куди через напівпроникну оболонку надходять моносахариди та необхідні неорганічні поживні речовини. Продукти метаболізму — етанол, двоокис вуглецю та домішки виділяються з клітини в зброджуване середовище [15].

При спиртовому бродінні дріжджі беруть участь в послідовних біохімічних реакціях, використовуючи енергію органічних сполук в повному обсязі.

Кожна дріжджова клітина розкладає в 30 разів більшу масу цукру, ніж її власна вага. В результаті підвищується енергетичний потенціал клітини у вигляді АТФ, що виділяється. Енергію, що утворюється, клітина використовує для біосинтезу запасних речовин – глікогену, вуглеводів (трегалози), жирів та інших сполук. Тому спиртове бродіння розглядають як процес неповного, але багатоступінчастого анаеробного ферментативного розкладання цукру, в результаті чого утворюються основні продукти бродіння – етанол і вуглекислий газ. Найчастіше для здійснення процесу спиртового бродіння використовуються дріжджі - представники роду *Saccharomyces* [13].

Спиртове бродіння відрізняється від процесу гліколізу у вищих організмів тим , що на останніх етапах, замість молочної кислоти утворюється етиловий спирт. Це обумовлено наявністю піруватдекарбокси-

						Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лази, що каталізує перетворення пірувату в ацетальдегід, який потім відновлюється в етанол.

Сумарне рівняння спиртового бродіння, запропоноване Гей-Люссаком, має такий вигляд:
$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Це рівняння спрощено можна розглядати як розкладання гексози до вуглекислого газу і етанолу. Розпад глюкози в цих умовах полягає в розпаді шестивуглецевих молекули на певному етапі навпіл (на дві тривуглецеві молекули). Цей шлях називається дихотомічним. Відповідно до сучасних уявлень, процес протікає в цитоплазмі і умовно його можна розділити на дві стадії. На першій відбувається утворення фруктозо-1,6- дифосфата з глюкози, а потім з даної молекули утворюється дві молекули тріози. Ця стадія характеризується витратами енергії. На другій стадії з двох молекул тріози утворюються дві молекули пірувату, відбувається накопичення енергії у вигляді молекул АТФ [24].

Весь процес спиртового бродіння або ферментативної дисиміляції вуглеводів в анаеробних умовах можна умовно зобразити певними етапами. Окремі реакції каталізують 11 ферментів, що утворюють ланцюг, в якій продукт реакції, яку каталізує попередній фермент, є субстратом для наступного етапу [25].

1-й етап. Фосфорилування D-глюкози відбувається під дією фермента гексокінази. Каталітична активність цього ферменту підвищується в присутності Mg^{2+} . Переносником групи — PO_3H_2 є трифосфатаденінова кислота (аденозинтрифосфат — АТФ). D- глюкоза в цій реакції етерифікується в піранозній формі; її реакційна здатність при цьому зростає. Швидкість утворення фосфорного ефіру D-глюкози визначає загальну швидкість зброджування.

2-й етап. Відбувається ізомерація, під дією ферменту глюкозофосфатізомерази, в результаті чого глюкозо-6-монофосфат перетворюється в фруктозо-6-фосфат.

						Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3-й етап. Етерифікація ОН-групи при першому С-атомі фруктозо-6-фосфату відбувається за участі АТФ як переносника залишку ортофосфатної кислоти та фермента фосфотриозокінази в якості каталізатора. Відкриття піранозного циклу призводить до утворення лабільної оксоформи фруктозо-1,6-дифосфату.

4-й етап. Відбувається оборотна реакція розщеплення фруктозо-1,6-дифосфат, який утворився під дією ферменту альдолази на 3-фосфогліцириновий альдегід (3-ФГА) і фосфодіоксиацетон.

5-й етап. В подальший обмін вступає тільки 3-ФГА. По мірі використання сполуки їх втрата заповнюється за рахунок фосфодіоксиацетону, який практично повністю в нього перетворюється під дією ферменту тріозофосфатізомераз. З кожної молекули фруктозо-1,6-дифосфата утворюється дві молекули 3-ФГА [15].

Схема початкових стадій перетворення глюкози за етапами 1-5 бути представлена на рис.2.1. [13].

6-й етап. У індукційний (початковий) період, поки в якості проміжного продукту не утворився оцтовий альдегід, необхідний для окиснення НАДН (етап 11), між двома молекулами 3-ФГА під впливом ферменту альдегідмутази (гліцерінфосфатдегідрогенази) за участю молекули води відбувається реакція дисмутації з утворенням фосфогліцирина і 3-фосфогліциринової кислоти (3-ФГК). Фосфогліцирин в наступних реакціях не бере участі і після відщеплення фосфорної кислоти за участю ферменту фосфатази перетворюється в гліцерин. Цим пояснюється наявність на початку бродіння своєрідного періоду індукції, під час якого з'являється гліцерин, який є побічним продуктом спиртового бродіння.

						Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

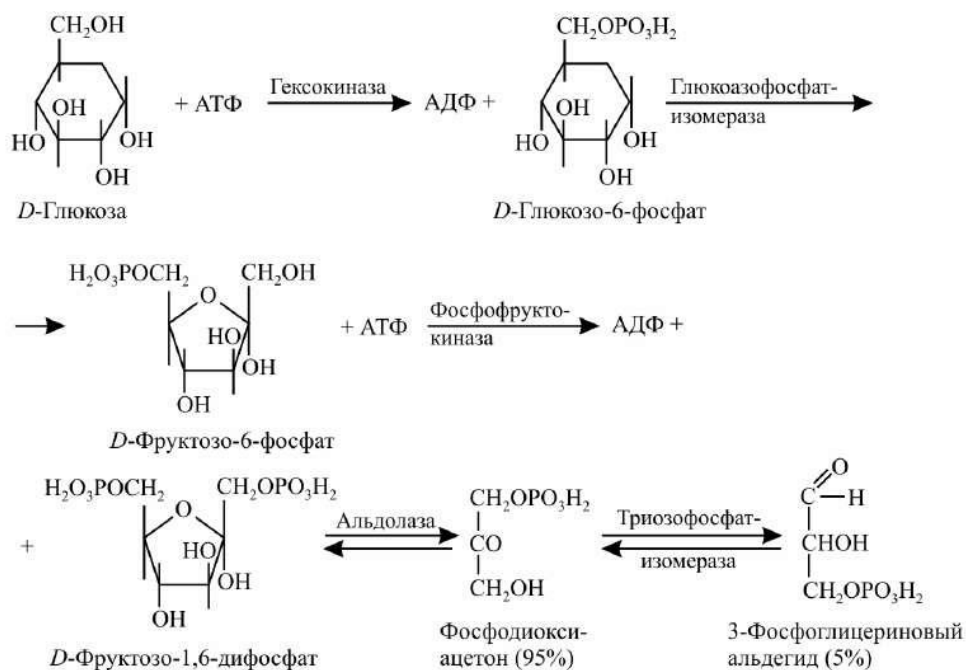


Рис. 2.1. Схема перетворення D-глюкози в 3-ФГА

Послідовність реакцій зміни проміжних продуктів в початковий (індукційний) період представлена на рис. 2.2. та при сталому процесі бродіння (6-й етап) представлено на рис. 2.3.:

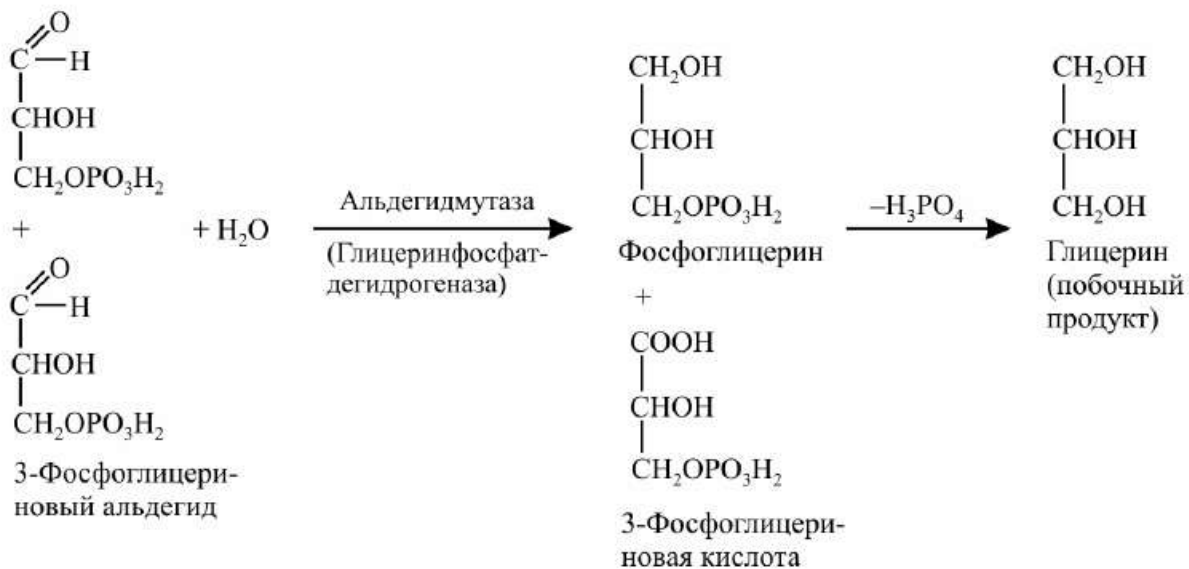


Рис. 2.2. Схема перетворення 3-ФГА в гліцерин

7-й етап. Новоутворена 1,3-дифосфогліцеринава кислота під дією ферменту фосфогліцераткінази передає залишок фосфорної кислоти молекулі

АДФ з утворенням АТФ і 3-ФГК. При цьому енергія, накопичена в макроенергетичному зв'язку 1,3-дифосфогліцеринової кислоти, переноситься на АДФ з утворенням АТФ.

8-й етап. Ізомеризація 3-фосфогліцеринової кислоти в 2-фосфогліцеринову кислоту відбувається за участі ферменту фосфогліцеромутази.

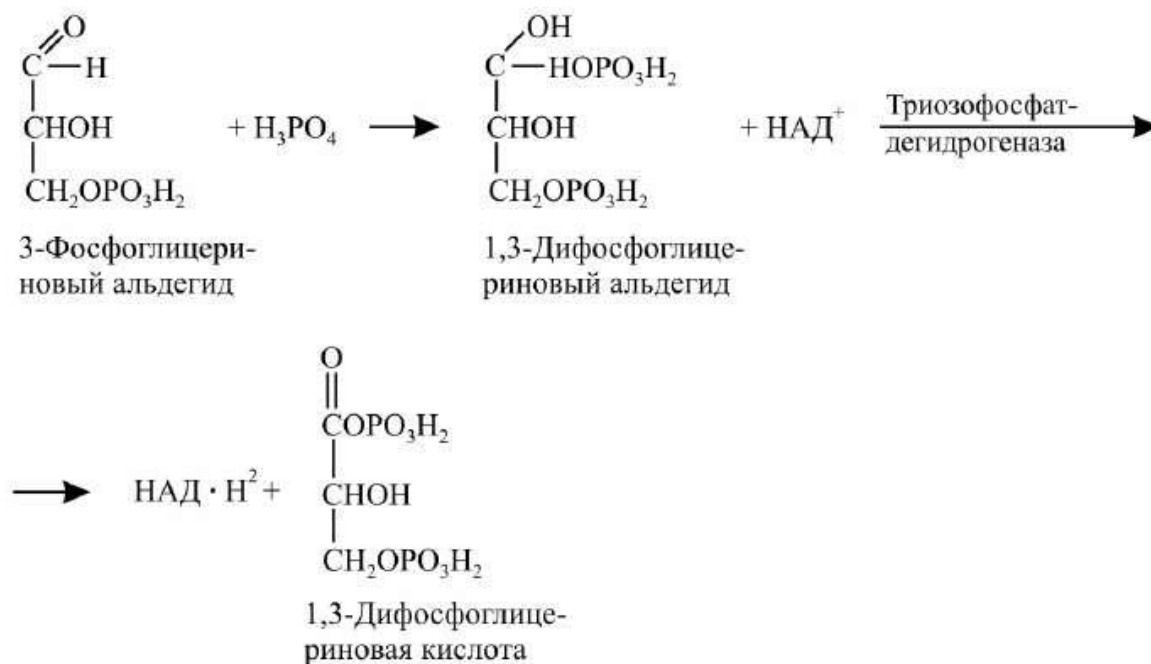


Рис. 2.3. Схема перетворення 3-ФГА в 1,3-дифосфогліцеринову кислоту

9-й етап. Дегідратація кислоти призводить до утворення фосфоенолпіровиноградної кислоти. Каталізатором слугує енолаза. Максимальна активність цього ферменту при рН 5,2-5,5; при рН 4,2 відбувається агрегація макромолекул фермента і при рН 3-4 їх денатурація.

10-й етап. Під дією ферменту піруваткінази в присутності іонів K^+ фосфо-енолпіровиноградна кислота передає залишок фосфорної кислоти на АДФ, при цьому утворюються АТФ і енолпіровиноградна кислота, яка згодом перетворюється в піровиноградну кислоту.

11-й етап. Під впливом ферменту піруватдекарбоксилази піровиноградна розщеплюється на оцтовий альдегід і діоксид вуглецю, який є одним з кінцевих продуктів спиртового бродіння.

						Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12-й етап. Відновлення ацетальдегіду в етанол протікає за участі НАД·2Н⁺ та ферменту алкогольдегідрогенази. При цьому кофермент регенерується шляхом окислення в НАД. [15].

Послідовність перетворень 3-ФГК в піровиноградну кислоту, оцтовий альдегід і етиловий спирт представлена на рис. 2.4 [13].

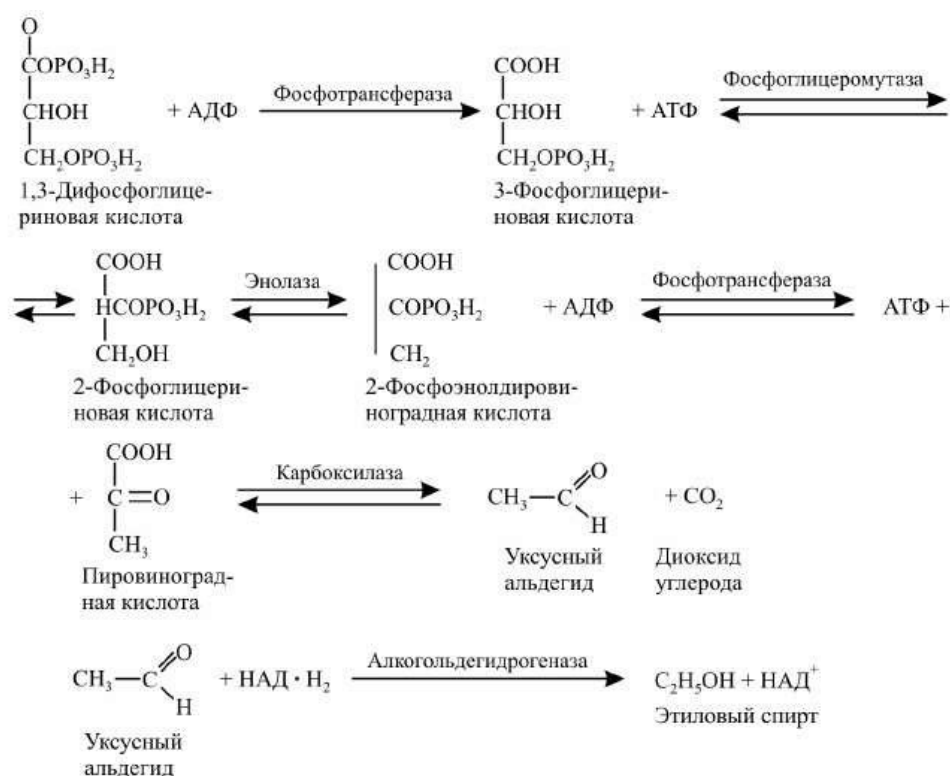


Рис. 2.4. Схема перетворення 3-ФГК в етиловий спирт

Сумарно рівняння спиртового бродіння може бути представлено в наступному вигляді:



Таким чином, при зброджуванні 1 моль глюкози утворюється 2 моль етилового спирту, 2 моль вуглекислого газу і в результаті фосфорилування 2 моль АДФ утворюється 2 моль АТФ. Термодинамічні розрахунки показують, що при спиртовому бродінні перетворення 1 моль глюкози може супроводжуватися зменшенням вільної енергії приблизно на 210 кДж (50 ккал), тобто енергія, що акумулюється в 1 моль етилового спирту, на 210 кДж менше енергії 1 моль глюкози. При утворенні 1 моль АТФ використовується

42 кДж. Отже, значна частина енергії, що вивільнюється при спиртовому бродінні, запасається у вигляді АТФ, що забезпечує різноманітність енергетичних потреб дріжджових клітин. Таке ж біологічне значення має процес бродіння і у інших мікроорганізмів.

При повному згорянні 1 моль глюкози зміна вільної енергії досягає 2,87 МДж (686 ккал), тобто дріжджова клітина використовує лише 7% енергії глюкози. Це говорить про малу ефективність анаеробних процесів. При наявності кисню спиртове бродіння пригнічується або зовсім припиняється, а клітини починають отримувати енергію для життєдіяльності в процесі дихання [26].

Побічними продуктами бродіння крім гліцерину є оцтовий альдегід, а також оцтова, бурштинова, молочна, лимонна кислоти та ряд інших речовин. Крім цих вторинних продуктів, що утворились з цукрози, при спиртовому бродінні головним чином з амінокислот шляхом дезамінування і декарбоксилювання з приєднанням води утворюються вищі спирти. Частина вищих спиртів утворюється з цукрів шляхом складних перетворень піровиноградної кислоти. Вищі спирти (ізоаміловий, аміловий, ізобутіловий, пропіловий і ін.) входять до складу так званих сивушних олій [10]. Загальна схема процесу спиртового бродіння представлена на рис. 2.5 [26].

3.2. Характеристика кінцевого продукту

Біоетанол – це спирт, який отримують у процесі переробки рослинної сировини, який використовують як біопаливо або паливну добавку. Хімічна формула – C_2H_5OH , відносна молекулярна маса – 46,069 г/моль.

Виготовляють біоетанол із сільськогосподарської продукції, що містить крохмаль або цукор, наприклад, з кукурудзи, зернових або цукрових буряків [5].

Етанол, що використовується в енергетичних цілях, відрізняється від того, що використовується в харчовій промисловості тим, що в ньому можуть бути присутні такі домішки як метанол сивушні масла, а також бензин, але не

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допускається присутність води. Допустимість таких органічних домішок зменшує витрати на очистку спирту і полегшує цей процес.

Біоетанол є легкозаймистою рідиною (температура займання — 13°C, а температура самозаймання 404°C), тому при виробництві є певні умови і обмеження. Концентраційні межі вибуховості при 101,3 кПа (760 мм рт.ст.) в об'ємних долях – 3,6% - 19% по ГОСТ 12.1.044

При роботі з біоетанолом слід застосовувати засоби індивідуального захисту у відповідності до ГОСТ 12.4.011, ГОСТ 12.4.103, ГОСТ 12.4.111 або ГОСТ 12.4.112, а також типовими галузевими нормами, утвердженими в установленому порядку.

Технологія отримання біоетанолу з меляси базується на спиртовій ферментації цукрів (глюкоза, фруктоза) дріжджовими мікроорганізмами на етанол і CO₂. Загальне рівняння процесу отримання біоетанолу:



						Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

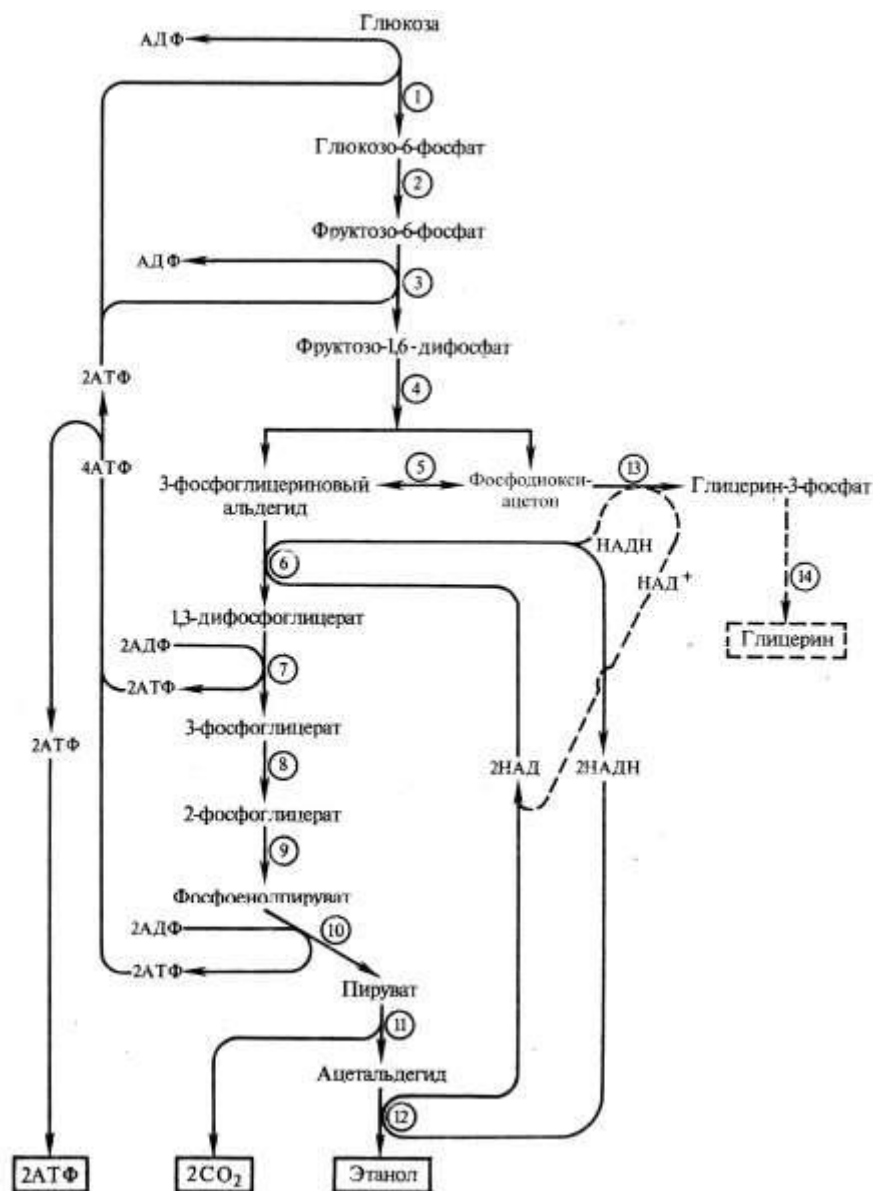


Рис.2.5. Загальна схема процесу спиртового бродіння

Спосіб культивування – глибинний. Після етапу бродіння з культуральної рідини (бражки) шляхом укороченої дистиляції відганяється суміш етанолу і води, подальше очищення відбувається в ректифікаційній колоні, після чого отриманий спирт-сирець направляється до молекулярних сит для зневоднення та очищення (для отримання паливного етанолу).

Кінцевий продукт направляється в спиртосховище [12].

Готовий біоетанол практично не містить води, містить метанол і сивушні масла, а також бензин, що робить його непридатним для споживання.

Масова частка води – 1%, об’ємна частка спирту – 98%, об’ємна частка метилового спирту – 0,5%.

Вироблений біоетанол переважно використовують для часткової заміни традиційних бензинів, в автомобільному пальному, а також в якості розчинника лаків, фарб та розчином для омивання автомобілів.

Біоетанол не використовують як самостійне готове автомобільне паливо. У сучасних двигунах для транспортних засобів і сільгоспмашин біоетанол використовують в якості добавки до бензину (з вмістом 10% (E10), 30% (E30, є більш стабільним), 85% (E85) тощо), що дозволяє збільшити детонаційну стійкість (октанове число) бензину та знизити вміст токсичних ароматичних вуглеводів. Біоетанол не токсичний, розчинний у воді, не спричиняє забруднення ґрунтових вод, при розливі розкладається природним шляхом швидше за інші складові, не зашкоджуючи при цьому навколишньому середовищу [2].

Паливні суміші в США умовно класифікують за наступною схемою: E95 – денатурований паливний етанол, повинен містити мінімум 92% етанолу, і 2-5 % денатурантів – бензину або його компонентів, решта – присадки; E85 – паливо «Flex Fuel», поділяється на три класи по мінімальному вмісту етанолу – 70%, 74%, 79%, решта – бензин і присадки; E10 – паливо містить близько 10% етанолу, решта – бензин і присадки [6].

Специфікація якості

Згідно ДСТУ 7166:2010 «Біоетанол. Технічні умови» біоетанол - прозора рідина, безбарвна або жовтувата, без нерозчинних або зважених домішок і частинок. Показники, що характеризують якість біоетанолу повинні відповідати нормам наведеним в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Характеристика біоетанолу

Показник	Норма
Зовнішній вигляд	Однорідна прозора рідина від безбарвного до світло-жовтуватого

						Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	кольору, без механічних домішок.
Запах	Характерний для етилового спирту, без запаху сторонніх речовин.
Густина при 20°C, кг/м ³	Не більше 791
Об'ємна частка етилового спирту, %	98
Об'ємна частка метилового спирту, % не більше	0,5
Масова частка води, % не більше	1,0
Концентрація біоетанолу для підвищення октанового числа, % мас	4,32
Об'ємна доля денатуруючих добавок, %, в межах	0,5 — 3,0
Показник активності водневих іонів, рН, в межах	6,5 — 9,0
Кислотність (в перерахунку на оцтову кислоту), мг/дм ³ , не більше	56 (0,007)
Масова частка міді мг/кг, не більше	0,1
Масова частка сірки, %, не більше	0,003

Якість продукції має відповідати вимогам ТУ У 15.9-30219014- 010:2007 № 1, технологічному регламенту - № 00375280-001-2010 - виробництва біоетанолу (антидетонаційної кисневмісної присадки до бензинів).

Транспортне маркування біоетанолу – по ГОСТ 14192 з нанесенням спеціальних знаків: «Берегти від вогню», «Герметична упаковка».

На транспортну тару з біоетанолом за допомогою трафарету наносять наступні дані:

- найменування підприємства-виробника і його товарний знак, адреса;

						Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- найменування продукту;
- номер партії, кількість міст в партії і їх номера;
- дата виготовлення;
- напис «легкозаймиста рідина»;
- знак небезпеки по ГОСТ 19433, клас небезпеки 3, підклас 3.2, класифікаційний шифр 3222, номер креслення – 3, номер ООН 1986, напис «Заборонено до вживання в харчових цілях»;
- об'єм, м³;
- маса бруто, кг;
- позначення чинного стандарту.

Пакування біоетанолу – по ГОСТ Р 51652, ГОСТ 26319. Для транспортування застосовують сталі бочки типу 1 по ГОСТ 17366, ГОСТ 13950 та ГОСТ 6247 та спеціальні контейнери-цистерни по ГОСТ 26380 типу СКЦ-4 без нижнього зливу або імпорتنі контейнери-цистерни, сталі авто- та залізничні цистерни. Рівень заповнення цистерн та бочок розраховується з урахуванням повного використання їх місткості (грузопідйомності) та об'ємного розширення продукту при можливому перепаді температур, але не більше 95%.

Цистерни та резервуари з біоетанолом повинні герметично закриватись кришками та мати воздушники, які оснащені запобігачами клапанами. Для встановлення рівня рідини спирту застосовують поплавкові або інші безпечні показники рівня.

Граничне відхилення маси чи об'єму біоетанолу, упакованого в транспортну тару: бочки 100 – 200 кг \pm 900 г або \pm 0,5% об.; автоцистерни – \pm 20000 г або \pm 0,2% об.

						Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З БУРЯКОВОЇ МЕЛЯСИ

4.1. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів, що використовуються у виробництві

Характеристика сировини та допоміжних матеріалів подана у вигляді таблиці (табл. 4.1.)

Таблиця 4.1. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів [10, 18, 21, 27].

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Показники, що обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення	Примітка
1	2	3	4
1. Основна сировина			
1.1 Бурякова меляса	ДСТУ 3696-98 (ГОСТ 30561-98) «Меляса бурякова. Технічні умови»	Усі показники згідно з ГОСТ	Анаеробне бродіння для отримання біоетанолу
1.2 Сірчана кислота	ГОСТ 2184-77 «Кислота серная техническая. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Підкислення та асептування меляси (ростового ПС)
1.3 Формалін	ГОСТ 1625-2016 «Формалин. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Асептування меляси (основного ПС)
1.4 Карбамід	ГОСТ 2081-2010 «Карбамид. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Добавка до меляси
1.6. Вода питна	ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи	Кольоровість, каламутність, смак,	Для приготування розчинів поживних речовин

	контролювання якості	запах, рН, жорсткість, вміст мікроорганізмів і бактерій згідно ДСТУ	
1.7. Агаризоване середовище	ГОСТ 29112-91 «Среды питательные плотные. Общие технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для культивування в пробірках

2. Допоміжна сировина

2.1. Вода технічна	ФС 42-2619-89	Усі показники згідно з фармстаттею	Для приготування миючих та дезінфікуючих розчинів
2.2. Олейнова кислота	ГОСТ 7580-91 «Кислота олеиновая техническая. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для приготування піногасника
2.3. Хлорне вапно	ГОСТ 1692-85 «Известь хлорная. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для приготування мийного розчину
2.4. Каустична сода	ГОСТ Р 55064-2012 «Натр едкий технический. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для приготування дезінфікуючого розчину

3. Матеріали

3.1. Пробірки лабораторні (14 мм)	ТУ 9461-008-52876351-2008	Зовнішній вигляд, цілісність	Для культивування на агаризованому середовищі
3.2. Колби конічні об'ємом 2 л (КН-2-	ГОСТ 25336-82	Зовнішній вигляд, маркування,	Для культивування

						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2000-50) та 5 л (КН- 2-5000-50)		цілісність	посівного матеріалу
3.3. Цеоліти	ТУ 9692-0003- 59266087-05 «Материалы сорбционные и фильтрующие»	Усі показники згідно з ТУ	Для адсорбування води
3.4. Силікагель	ГОСТ 3956-76 «Силикагель технический. Технический условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для видалення вологи на стадії виготовлення сухого льоду
4. Напівпродукти			
4.1. Музейна культура дріжджів	-	Мікробіологічна чистота Ферментативна активність	Для приготування посівного матеріалу

4.2. Опис технологічного процесу

ДР 1. Санітарна підготовка виробництва

ДР 1.1. Підготовка дезінфікуючих розчинів

ДР 1.1.1. Приготування розчину хлорного вапна.

Розчин хлорного вапна, використовують для дезінфекції та миття приміщень та поверхонь обладнання. Він виготовляється шляхом змішування порошкоподібного хлорного вапна марки А (згідно ГОСТ 1692-58), який містить 35% активного хлору, з водою, до концентрації 5 г/дм³. Готують розчин у реакторах Р-2 місткістю - 5м³, діаметр – 1800мм, коефіцієнт заповнення - 0,7, працює при атмосферному тиску. Завантаження здійснюється вручну через люк. Реактор-змішувач оснащений лопатевою мішалкою, частота обертання вала мішалки – 1с⁻¹, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Готовий розчин насосом перекачується до стадії обробки приміщень та поверхонь обладнання (ДР 1.2).

ДР 1.1.2. Приготування розчину каустичної соди [17].

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обробки обладнання та прилеглих комунікацій використовують розчин каустичної соди. Його готують шляхом змішування порошкоподібної соди з водою, до концентрації каустичної соди 40 г/дм³. Готують у реакторах Р-2 місткістю - 5 м³, діаметр – 1800 мм, коефіцієнт заповнення - 0,7, працює при атмосферному тиску. Завантаження здійснюється вручну через люк. Реактор з лопатевою мішалкою, частота обертання вала мішалки – 1с⁻¹, Потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Готовий розчин транспортується насосом до стадії обробки обладнання та прилеглих комунікацій.

ДР 1.2. Підготовка виробничих приміщень

Підготовленим на стадії ДР 1.1.1. розчином хлорного вапна виконують прибирання підлоги, зовнішніх поверхонь обладнання і трубопроводів. Відпрацьовані розчини відправляються на знешкодження.

ДР 1.3. Підготовка обладнання та комунікацій [16]

ДР 1.3.1. Миття обладнання та комунікацій

На початку обладнання миють водою протягом 2-ох хвилин, з передачею води у збірник нейтралізації, перед скидом у систему каналізування рідких викидів. Продовжують миття підготовленим розчином хлорного вапна (1-2%), яке відбувається протягом 40 хвилин. Знову промивають внутрішню поверхню від залишків мийного розчину. Відпрацьовані води надходять на знешкодження.

ДР 1.3.2. Дезінфекція обладнання та комунікацій

Розчин каустичної соди (40%) зі стадії ДР 1.1.2. використовують для дезінфекції. Дезінфекцію проводять протягом години, після чого змивають водою з внутрішніх стінок обладнання залишки дезінфектанта. Відпрацьовані розчини відправляються на знешкодження.

ДР 1.3.3. Стерилізація обладнання та комунікацій

Шляхом подачі гострої пари при t=110°C, за тиску 0,2 МПа упродовж

						Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1,5 год з подальшим охолодженням упродовж 3,5 год проводять стерилізацію. Пара подається як в середину апарату, так і в прилеглі комунікації, так і в сорочку обладнання. Конденсат надходить на знешкодження.

ДР 1.4. Підготовка персоналу та одягу

Персонал проходить навчання та контроль знань стосовно особливостей технологічного процесу та техніки безпеки на виробництві.

Основою підготовки персоналу є навчання тому, як забезпечити безпеку при роботі з БА.

ДР 2. Підготовка стерильного повітря

За допомогою труб здійснюється забір атмосферного повітря, з точкою забору 4-6 м вище рівня землі. Далі на фільтрах з діаметром пор 1,5 мкм повітря очищається від пилу та інших механічних домішок, після чого здійснюється компресування повітря - стискання повітря під тиском, який більший за атмосферний. Для даного процесу застосовують повітродувки з продуктивністю від 2 до 190 м³/хв із стисненим повітрям до 0,25 МПа. Повітря проходить стерилізацію в індивідуальних фільтрах Ф-34 та Ф-36 перед подачею в інокулятор Р-32 та посівний ферментер (дрідждегенератор) Р-35.

ДР 3. Приготування теплоносія на технічні потреби

В теплообмінниках при температурі 100 °С та при атмосферному тиску здійснюється приготування водяної пари, яка в подальшому використовується на стадіях стерилізації меляси (ДР 4.2.1), ректифікації (ТП 9.1, ТП 9.2, ТП 9.3, ТП 9.4) та зневоднення на молекулярних ситах (ТП 10.1 та ТП 10.2). В процесі приготування водяної пари ведеться технічний контроль.

ДР 3.1. Підготовка охолодженої води

В холодильних установках здійснюється охолодження води. В установку подається технічна вода та холодоагент. В подальшому охолоджена вода використовується на стадіях охолодження в теплообмінниках.

ДР 4. Підготовка меляси [10]

						Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР 4.1. Розбавлення меляси

Зі збірників на складі меляса подається до реактора Р-7, куди також подається вода. Для гомогенізації середовища використовують пропелерну мішалку, якою оснащено реактор. Розчин меляси (розсиропка) насосом Н-8 перекачують до установки безперервної стерилізації.

ДР 4.2.1 Нагрівання розчину меляси до температури стерилізації

Нестерильний розчин меляси центробіжним насосом подається в підігрівач з вприском гострої пари К-10 (колонка швидкісного нагріву), куди також подається пара ($p=0,6$ МПа). Розчин меляси швидко нагрівається до 120°C (температури стерилізації) протягом 10 хв. Продуктивність апарату $20 \text{ м}^3/\text{год}$, місткість $0,1 \text{ м}^3$. Пара вводиться через сопло діаметром 2,5 мм тангенціально розташованого штуцера, об'єм утвореного конденсату $0,5 \text{ м}^3/\text{год}$. Після нагрівання меляса подається до нижнього патрубку витримувача (до ДР 4.2.2).

ДР 4.2.2. Витримування розчину меляси при температурі стерилізації

В спеціальному апараті (теплообмінник-витримувач) Т-11 меляса витримується при температурі стерилізації ($t=120^{\circ}\text{C}$), за рахунок чого продовжується час стерилізації та досягається загибель максимальної кількості мікрофлори. Теплообмінник-витримувач складається з 3-х корпусів, об'ємом $1,7 \text{ м}^3$, діаметром – 0,6 м, висотою 6 м. Кожен корпус має еліптичні кришки, всередині розташовані секції, що утворюють ряд циліндричних камер. Витримувач має совелітову ізоляцію товщиною 35 мм.

ДР 4.2.3. Рекуперація тепла

Рекуперація відбувається в рекуператорі Т-12, який являє собою теплообмінник розбірний пластинчатого типу. Загальна поверхня теплообміну 100 м^2 , поверхня однієї пластини $0,5 \text{ м}^2$. В процесі рекуперації, стерильний розчин нагріває нестерильний розчин меляси, який потім поступає в нагрівач, а стерильне середовище охолоджується до 90°C .

ДР 4.2.4. Охолодження стерильного розчину меляси

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З рекуператора стерильний розчин меляси надходить до теплообмінника охолоджувача Т-13 розбірного пластинчатого типу, де він охолоджується до 30°C, після чого – стерильний розчин меляси поступає в Р-14 та Р-17 для приготування поживних середовищ. Загальна поверхня теплообміну – 100 м². Поверхня однієї пластини 0,5 м².

ДР 5.1. Приготування та стерилізація розчину карбаміду

Розчин карбаміду готують шляхом змішування карбаміду з водою до концентрації 20%. Готують у реакторах Р-20 місткістю 5 м³, діаметр – 1800 мм, коефіцієнт заповнення 0,7, працює при атмосферному тиску.

Завантаження здійснюється вручну через люк. Реактор оснащений лопатевою мішалкою, частота обертання вала мішалки - 1с⁻¹, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Апарат з розчином стерилізують протягом 20-30 хв при температурі 120-125 °С і надлишковому тиску 0,1-0,14 МПа при безперервному перемішуванні. Після стерилізації охолоджують до температури 30~1 оС шляхом подачі води в рубашку апарату. Контроль технічний. Підготовлений розчин насосом транспортується до стадії приготування поживного середовища (ДР 5.3 та ДР 5.4).

ДР 5.2. Приготування та стерилізація розчину ортофосфорної кислоти

Розчин ортофосфату використовують в якості джерела фосфорного живлення. Його готують шляхом змішування ортофосфорної кислоти з водою, до концентрації 70%. Готують у реакторах Р-23 місткістю 5 м³, діаметр – 1800 мм, коефіцієнт заповнення 0,7, працює при атмосферному тиску. Завантаження здійснюється вручну через люк. Реактор оснащений лопатевою мішалкою, частота обертання вала мішалки – 1с⁻¹, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Апарат з розчином стерилізують протягом 20-30 хв при температурі 120-125 °С і надлишкового тиску 0,1-0,14 МПа при безперервному перемішуванні. Після стерилізації охолоджують до температури 30~1 °С шляхом подачі води в рубашку апарату. Контроль технічний. Підготовлений розчин насосом транспортується до стадії приготування поживного середовища (ДР 5.3 та ДР 5.4).

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР 5.3 Приготування ростового поживного середовища [20]

Перед заповненням апарат Р-14 стерилізують протягом 1 години при тиску 0,1-0,12 МПа і температурі 120-124°C. На даному етапі до реактора Р-14, де відбувається приготування ПС, подається стерильний розчин меляси, розчин сірчаної кислоти, розчин карбаміду, розчин ортофосфорної кислоти та питна вода (для розбавлення). Реактор Р-14, місткістю 25 м³, має еліптичні кришку та днище, суцільну пароводяну сорочку. Коефіцієнт заповнення – 0,8, діаметр – 2800 мм. Завантаження здійснюється по трубопроводу, вивантаження готового ПС здійснюється через нижній злив. Перемішування в реакторі здійснюється пропелерною мішалкою, частота обертання вала мішалки – 1с⁻¹, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Вміст сухих речовин доводиться до 12-14%, рН підтримується на рівні 4,5-5. Готове ПС відцентровим горизонтальним насосом транспортується до стадії вирощування посівного матеріалу.

ДР 5.4. Приготування основного поживного середовища

Перед заповненням апарат Р-17 стерилізують протягом 1 години при тиску 0,1-0,12 МПа і температурі 120-124°C. В реактор Р-17 для приготування основного ПС замість розчину сірчаної кислоти, в якості антисептику, подають формалін. Реактор Р-17, місткістю 25 м³, має еліптичні кришку та днище, суцільну пароводяну сорочку. Коефіцієнт заповнення – 0,8, діаметр – 2800 мм. Завантаження здійснюється по трубопроводу, вивантаження готового ПС здійснюється через нижній злив. Перемішування в реакторі здійснюється пропелерною мішалкою, частота обертання вала мішалки – 1с⁻¹, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Вміст сухих речовин доводиться до 32-34%, рН підтримується на рівні 4,5-5. Готове ПС відцентровим горизонтальним насосом транспортується до стадії виробничого біосинтезу.

ДР 6. Приготування піногасника

Перед заповненням апарат Р-20 стерилізують протягом 1 години при тиску 0,1-0,12 МПа і температурі 120-124°C. Приготування емульсії піно-

						Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гасника відбувається шляхом змішування олеїнової кислоти і питної води протягом 1 год.

ДР 6.1. Стерилізація піногасника

Стерилізація піногасника проводиться глухою парою через сорочку при температурі 120-126°C і надлишковому тиску 0,1-0,14 МПа протягом 4 годин. Проводиться технічний контроль процесу.

ТП 7. Приготування посівного матеріалу *Saccharomyces cerevisiae* [9, 13]

ТП 7.1. Культивування в пробірках на агаризованому середовищі

Першим етапом приготування посівного матеріалу є вирощування музейної культури на скошеному агаризованому середовищі в пробірках ПР-29. Вирощування проводять в стерильних умовах, при оптимальній температурі для росту дріжджів (29-30°C), протягом 48-72 год (в залежності від ступеню наростання).

ТП 7.2. Культивування на тонкому шарі ПС в колбах V=2 дм³

Вирощену культуру зі стадії ТП 5.1. стерильно змивають з поверхні агаризованого середовища та переносять в колби Ерленмейера (качалочні) К-30 для рідкофазного культивування вегетативного посівного матеріалу, об'ємом 2 дм³, що містять 250 см³ ростового поживного середовища. Засіяні колби вирощують на качалці (120-240 об/хв) при температурі 29-30°C протягом 2-3 діб. На даній стадії здійснюється мікробіологічний контроль – контролюють морфологічні показники дріжджів, відсутність контамінації, та технічний контроль.

ТП 7.3. Культивування на тонкому шарі ПС в колбах V=5 дм³

Вирощена культура зі стадії ТП 5.2 переміщується в колби більшого розміру (5 дм³) К-31, зі збільшеним вмістом ростового поживного середовища (600-700 см³). Культивування проводять в тих самих умовах, протягом 3-4 діб.

ТП 7.4. Отримання вегетативного посівного матеріалу [7]

ТП 7.4.1. Культивування в інокуляторі

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цій стадії готову культуру стерильно переносять в інокулятор Р-32 об'ємом 0,1 м³, в який попередньо внесено готове ростове поживне середовище. Внутрішній діаметр апарату – 0,1 м., оснащений суцільною пароводяною сорочкою, коефіцієнт заповнення – 0,5 від номінального об'єму, завантаження по трубопроводу або вручну через люк.

Перемішування комбіноване – механічною турбінною мішалкою та повітрям через барботер. Інокулятор також оснащений контрольно-вимірювальними приладами (КВП) для регулювання рН, температури та рівня піни. Посівного матеріалу вносять 10-12 % (по об'єму) від кількості поживного середовища.

Культивування продовжують протягом 40-60 год, при безперервному перемішуванні, температура 29-30°C; рН=4,5-5.

ТП 7.4.2. Дріжджегенерація

Перед прийомом дріжджової суспензії в дріжджегенераторі Р-35 готують поживне середовище, після чого методом перекачування подають дріжджі з попередньої стадії, та починають процес вирощування при неперервній аерації та перемішуванні. Дріжджегенератор – реактор з внутрішнім діаметром – 2200 мм, з суцільною пароводяною сорочкою, коефіцієнт заповнення – 0,5. Перемішування комбіноване – механічною турбінною мішалкою та повітрям через барботер. Процес накопичення дріжджів триває 10-12 год. Коли концентрація дріжджів в середовищі становить 14-17 г/дм³, дріжджову суспензію можна подавати в виробничі ферментери. Отриманий посівний матеріал піддають ретельному мікробіологічному і біохімічному контролю (для цього відбираються проби), так як від його активності та чистоти залежить подальший виробничий цикл.

Дріжджегенератор оснащений КВП для регулювання рН, температури та рівня піни. Умови культивування: температура 29-30°C; рН=4,5-5; тривалість 48 год.

ТП 8. Виробничий біосинтез

						Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отриманий на попередній стадії вегетативний посівний матеріал на попередній стадії перекачують у виробничий ферментер Р-38, де вже наявне готове основне поживне середовище з концентрацією сухих речовин 32-34%. Виробничий біосинтез проводять у ферментерах місткістю 100 м³ з внутрішнім діаметром – 3600 мм, з еліптичним днищем та кришкою. Коефіцієнт заповнення – 0,7. Перемішування механічне, турбінною мішалкою (кількість мішалок – 3). Ферментер обладнаний пароводяною секційною сорочкою та змієвиком. Виробничий біосинтез проводять при температурі 29-30°C, рН=4,5-5, в анаеробних умовах, протягом 20 год. Отримана в результаті бражка містить 8% біоетанолу.

ТП 9 Виділення етанолу

ТП 9.1. Очищення в бражній колоні

Бражка насосом перекачується до підігрівача П-42, де вона підігрівається до 85-90 °С за рахунок водно-спиртових парів, що поступають з бражної колоні, після чого вона поступає в бражний сепаратор СП-43 для відокремлення вуглекислоти та повітря. З сепаратора бражка подається на верхню тарілку бражної колоні РК-39. Тут із бражки відганяється суміш етанолу та води. Бражна колона має вертикальний корпус циліндричної форми зі сферичною кришкою та днищем. Тип конструкції – тарілчаста колона неперервної дії. Діаметр колоні – 1000 мм, висота – 4000 мм.

Всередині корпусу вмонтовано 18 одноковпачкових тарілок, з міжтарілковою відстанню 200 мм. Колона обігрівається гострою парою, яка подається в нижню її частину. Бражна колона оснащена пробним холодильником, верхнім і нижнім вакуум-переривниками, термометрами на тарілці живлення, термометрами на вході бражки до колоні і виході води з основного конденсатора. Після конденсації водно-спиртових парів в бражному підігрівачі П-42 і конденсаторі К-44 отримують бражний дистилят (спирт-сирець) міцністю 35-55 % об. з усіма леткими домішками, що знаходились в зрілій бражці. З нижньої частини колоні виводиться вільний від спирту залишок – барда, з вмістом сухих речовин 3-10 %, в якій містяться

						Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

усі сухі речовини бражки й залишкова частина води, вміст спирту – не більше 0,015 % об.

ТП 9.2. Очищення в ректифікаційній колоні

У ректифікаційній колоні (спиртовій) РК-41 з епюрату видаляється спирт, концентрується, звільняється від хвостових, проміжних та залишку головних домішок. В колоні міститься 72 клапанні тарілки, обігрівається колона гострою парою. Спиртова колона оснащена дефлегматором Д-47, конденсатором К-48, холодильником Х-49, термометрами в кубі колони та в зоні відбору сивушної фракції (8-ма тарілка знизу), на тарілці вводу живлення (16-та знизу), має відокремлювач для сивушного масла (з 5-11 тарілок та з 18-23 тарілок). На виході отримують ректифікований біоетанол, концентрацією 95-96 %, та сивушну фракцію.

ТП 9. 3. Очищення в метанольній колоні

Проводиться аналогічно попереднім колонам. Температура в колоні на живильній тарілці 80-81°C, над верхньою тарілкою 65-68°C, в кубовій частині 82-84°C. Різниця тисків по висоті колони допускається 5-10 кПа. Концентрації метанолу і етанолу визначається спиртовими ареометрами АСП-1 і мають бути менше 0,5% і не менше 94% відповідно.

ТП 10. Зневоднення на молекулярних ситах [23]

ТП 10.1. Нагрівання ректифікованого етанолу

Ректифікований біоетанол, отриманий з брагоректифікаційної установки, подається в нагрівач П-50, місткістю 0,1м³, з вприском гострої насиченої пари (колонка швидкісного нагріву), де температура підвищується приблизно до 115 оС. Продуктивність нагрівача 20 м³/год, пара вводиться через сопло діаметром 2,5 мм тангенціально розташованого штуцера, тиск пари – 0,6 МПа, температура 130-135 оС. На даній стадії утворюються перегріті пари спирту, які поступають на подальшу переробку.

ТП 10.2. Адсорбування води на цеолітах

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перегрті пари спирту подаються в адсорбер А-51, який заповнений молекулярними ситами, де вода адсорбується цеолітами. Номінальний об'єм адсорбера – 0,5 м³, робочий тиск – 0,5 МПа. Пара, що виходить з адсорбера, містить незначну кількість води, та надходить в конденсатор К-52 для конденсування та охолодження.

ТП 10.3. Охолодження

Охолодження та конденсування біоетанолу відбувається в конденсаторі К-52. На виході отримують готовий продукт – біоетанол, концентрацією 98%.

ТП 10.4. Відновлення цеолітів

Відновлення цеолітів відбувається методом сушіння адсорбенту при температурі 60 °С.

ПМВ 11.Завантаження біоетанолу в цистерни та зберігання

Готовий продукт завантажують в цистерни об'ємом 100 л та відправляють на зберігання до складу.

ПВ 12. Утилізація CO₂ [28]

ПВ 12.1. Компресування першого ступеня

Вуглекислий газ з бражного сепаратора СП-42 поступає до компресора першого ступеня К-53, в якому газ стискається до проміжного тиску $p=6,02$ МПа.

ПВ 12.2. Охолодження

Потік газу проходить через теплообмінник Т-54, де охолоджується потоком газу низького тиску, що повертається на компресор К-53

ПВ 12.3. Компресування другого ступеня

Охолоджений газ поступає до компресора другого ступеня К-55, в якому газ стискається до кінцевого тиску $p=20$ МПа.

ПВ 12.4. Охолодження

Потік газу проходить через теплообмінник Т-56, де охолоджується потоком газу низького тиску, що повертається на компресор К-53. Після охолодження стиснений газ дроселюється у дросельному вентилі, при цьому охолоджується та частково зріджується.

						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПВ 12.5. Видалення вологи

Рідина, що утворилась, відділяється на фільтрах (наповнення - силікагель), та відводиться з системи. Холодний газ (потік низького тиску) повертається на компресор першого ступеня через теплообмінник Т-56.

ПВ 12.6. Генерування сухого льоду

Рідкий вуглекислий газ розширюють, шляхом зменшення тиску до $p=0,1$ МПа. В результаті цього, рідина перетворюється у «снігову масу» з низькою температурою, після чого ця маса пресується у гранули розміром від 5 до 12 мм.

4.3. Контроль виробництва

В таблиці 4.2 наведено перелік контрольних точок, що забезпечують виконання технологічного режиму.

Таблиця 4.2. Перелік контрольних точок [10, 16, 21, 27]

№	Назва стадії, процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, Що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Метод и контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
1	2	3	4	5	6	7
1	ДР 1.1.1. Приготування розчину хлорного вапна	Концентрація	Кожна операція	5 г/дм ³ ($\pm 0,5$ г)	Кх	Дозатор, мірний посуд
2	ДР 1.1.2. Приготування розчину каустичної соди	Концентрація	Кожна операція	40 г/дм ³ ($\pm 0,5$ г)	Кх	Дозатор, мірний посуд
3	ДР 1.2. Підготовка виробничих приміщень	Мікробіологічна чистота поверхонь	Кожна операція	Класи: А: КУО < 1 /м ² В: КУО < 10 /м ²	Км	Мікробіологічний метод
4	ДР 1.3.3.	Мікробіо-	Змиви	Класи:	Км	Мікробіо-

	Стерилізація обладнання та комунікацій	логічна чистота. Технічний контроль	тампоном і 2 рази на тиждень під час операції	A: КУО<1 /м ² B: КУО<10 /м ²		логічний метод
5	ДР 2. Приготування стерильного повітря	Мікробіологічна чистота	2 рази на тиждень під час операції. 1 раз на 2 тижні – контроль перед початком роботи	Кількість м/о в 1 м ³ повітря Класи: A: КУО<1 /м ³ B: КУО<10 /м ³	Км	Мікробіологічний метод (висів на чашки Петрі)
		Температура повітря		20 °C (± 0,5 °C)	Кт	Автоматичний регулятор температури
		Температура стерилізації		120 °C (± 0,5 °C)		Автоматичний регулятор температури
6	ДР 4.1. Розбавлення меляси	Концентрація	Кожна операція	40-50 %	Кх	Дозатор, мірний посуд
7	ДР 4.2.1. Нагрівання розчину меляси до температури стерилізації	Температура	Кожну операцію	120 °C (± 0,5 °C)	Кт	Термометр
		Тиск		0,6 МПа		Манометр
		Час		20 хв		Технічний годинник
8	ДР 4.2.2. Витримування розчину меляси при температурі стерилізації	Температура	Кожну операцію	120 °C (± 0,5 °C)	Кт	Термометр
		Час		10хв		Технічний годинник
9	ДР 4.2.4. Охолодження	Температура	Кожну операцію	30 °C (± 0,5 °C)	Кт	Термометр

						Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	ня стерильног розчину меляси	Час		2 год		Технічний годинник
		Мікробіологічна чистота		Відсутність контамінації	Км	Мікробіологічний метод
10	ДР 5.1. Приготування та стерилізація р-ну карбаміду	Концентрація	Кожну операцію	20%	Кх	Дозатор
		Температура стерилізації		120-125 °С	Кт	Термометр
		Час стерилізації		25-30 хв		Технічний годинник
		Час стерилізації		0,1-0,14 МПа		Манометр
		Температура охолодженого стерильного р-ну		30 °С (± 1 °С)		Термометр
		Мікробіологічна чистота		Відсутність контамінації	Км	Мікробіологічний метод (висів на ч. Петрі)
11	ДР 5.2. Приготування та стерилізація р-ну ортофосфornoї к-ти	Концентрація	Кожну операцію	70%	Кт	Дозатор
		Температура стерилізації		110-115 °С		Термометр
		Час стерилізації		25-30 хв		Технічний годинник
		Тиск стерилізації		0,1-0,14 МПа		Манометр
		Температура охолодженого стерильного		30 °С (± 1 °С)		Мікробіологічний метод (висів на ч.

		р-ну				Петрі)
		Мікробіологічна чистота		Відсутність контамінації	Км	
12	ДР 5.3. Приготування ростового ПС	Концентрація СР	Кожну операцію	12-14 %	Кх	Дозатор
		рН		5	Кт	рН-метр
		Температура		30 °С (± 1 °С)		Термометр
13	ДР 5.4. Приготування основного ПС	Концентрація СР	Кожну операцію	32-34 %	Кх	Дозатор
		рН		5	Кт	рН-метр
		Температура		30 °С (± 1 °С)		Манометр
14	ДР 6. Приготування та стерилізація піногасника	Концентрація	Кожну операцію	70%	Кх	Дозатор
		Температура стерилізації		110-115 °С	Кт	Термометр
		Час стерилізації		25-30 хв		Технічний годинник
		Тиск стерилізації		0,1-0,14 МПа		Манометр
		Мікробіологічна чистота		Відсутність контамінації	Км	Мікробіологічний метод (висів на ч. Петрі)
15	ТП 7.1. Культивування в пробірках на агаризованому середовищі	Температура		30 °С	Кт	Термометр
		Час		48-72 год		Технічний годинник
16	ТП 7.2. Культивування в тонкому шарі ПС в	Температура	Кожну операцію	30 °С	Кт	Термометр
		Час		2-3 доби		Технічний годинник

	качалоч- них колбах V=2л	Мікробіоло- гічна чистота		Відсутність контамінації	Км	Мікробіо- логічний метод (висів на ч. Петрі)
17	ТП 7.3. Культивува- ння в тонко- му шарі ПС в колбах V=5л	Температур а	Кожну операцію	30 °С	Кт	Термометр
		Час		4-5 діб		Технічний годинник
		Мікробіо- логічна чистота		Відсутність контамінації	Км	Мікробіо- логічний метод (висів на ч. Петрі)
18	ТП 7.4.1. Культивува- ння в іноку- ляторі	Температур а	Кожну операцію	30 °С	Кт	Термометр
		Час		40-60 год		Технічний годинник
		Тиск		0,02-0,03 МПа		Манометр
		Частота обертання мішалки		2 с ⁻¹		Тахометр
		Мікробіоло- гічна чистота		Відсутність контамінації	Км	Мікробіо- логічний метод (висів на ч. Петрі)
19	ТП 7.4.2. Дріждже- генерування	Температур а	Кожну операцію	30 °С	Кт	Термометр
		Час		48 год		Технічний годинник
		pH		4,5-5		pH-метр
		Частота обертання мішалки		2 с ⁻¹		Тахометр
		Мікробіо- логічна чистота		Відсутність контамінації	Км	Мікробіо- логічний метод (висів на ч. Петрі)

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

20	ТП 8 Виробничий біосинтез	Температур а	Кожну операцію	30 °С	Кт	Термометр
		Час		48 год		Технічний годинник
		pH		4,5-5		pH-метр
		Частота обертання мішалки		2 с ⁻¹		Тахометр
21	ТП 9.1. Очищення в бражній колоні	Температур а	Кожну операцію	9-105 °С	Кт	Термометр
		Концентра- ція спирту в барді		Не більше 0,015%	Кх	Хімічний аналіз
22	ТП 9.2. Очищення в ректифікацій ній колоні	Температур а	Кожну операцію	87-90 °С	Кт	Термометр
23	ТП 9.3. Очищення в метанольній колоні	Температур а	Кожну операцію	80-81 °С 65-68°С 82-84°С	Кт	Термометр
		Концентрац ія (спирту)		94 %	Кх	Аерометр
24	ТП 10.1. Нагрівання ректифікова- ного спирту	Температур а	Кожну операцію	115-120 °С	Кт	Термо- метр
		Час		2 год		
25	ТП 10.2. Адсорбуван- ня води на цеолітах	Температур а	Кожну операцію	115-120 °С	Кт	Термо- метр
26	ТП 10.3. Охолоджен- ня	Температур а	Кожну операцію	25-30 °С	Кт	Термо- метр
27	ТП 10.4. Відновлення цеолітів	Температур а	Кожну операцію	60 °С	Кт	Термо- метр

4.4. Матеріальний баланс

						Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріальний баланс виробництва біоетанолу з бурякової меляси складено на один повний цикл роботи підприємства, а саме від етапу надходження сировини і до моменту отримання абсолютизованого біоетанолу. Основні показники виробництва представлені у табл. 4.3

Таблиця 4.3. Матеріальний баланс виробництва [10, 12, 19, 22, 27]

Використано		Отримано	
Назва сировини, матеріалів, напівпродуктів	Кількість	Назва кінцевого продукту	Кількість
	кг		кг
1	2	3	4
ДР 4. 1. Розбавлення меляси			
Меляса (СР 65%)	30	Розчин меляси (СР 40%)	45
Вода питна	15		
Всього	45	Всього	45
ДР 5.1. Приготування розчину карбаміду			
Карбамід	10,5	Розчин карбаміду	10,9
Вода питна	0,4		
Всього 10,9			
ДР 5.2. Приготування розчину ортофосфорної кислоти			
Ортофосфорна кислота	10,5	Розчин ортофосфорної кислоти	10,9
Вода питна	0,4		
Всього 10,9			
ДР 5.3. Приготування ростового ПС			
Розчин меляси (СР 40%)	5,3	Ростове ПС	8,8
Сірчана кислота	0,04	Втрати	0,8
Розчин карбаміду	1,09		
Розчин ортофосфорної кислоти	1,09		

Вода питна	1,3		
Всього 8			
ДР 5.4. Приготування основного ПС			
Розчин меляси (СР 40%)	60	Основне ПС	74,14
Формалін	0,16	Втрати	2,5
Розчин карбаміду	1,09		
Розчин ортофосфорної кислоти	1,09		
Вода питна	11,8		
Всього 71,6			
ТП 7.4.2. Дріжджегенерування			
Ростове ПС	7,16	Дріжджова суспензія	6,8
Дріжджі	0,7	Вуглекислий газ	1,1
Всього 7,9			
ТП 8. Виробничий біосинтез			
Основне ПС	71,6	Бражка	72,9
Дріжджова суспензія	6,8	Вуглекислий газ	5,3
Всього 78,9			
ТП 9.1. Відокремлення спирту від бражки			
Бражки	72,9	Барда	54,7
		Бражний дистилят	11,6
		Водно-спиртова пара	6,5
Всього 72,9			
ТП 9.2. Епюрація			
Водно-спиртова	6,5	Епюрат	

						Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пара			18,01
Бражний дистилят	11,6	Фракція головних домішок	0,09
Всього 18,1			
ТП 9.3. Виділення спирту з епюрату (ректифікація)			
Епюрат	18,01	Ректифікований спирт	2,7
		Фракція сивушних масел	0,22
		Лютерна вода	15,09
Всього 18,01			
ТП 10.2. Адсорбування на цеолітах			
Рктифікований спирт	2,7	Зневоднений спирт	2,646
		Лютерна вода	0,054
Всього 2, 7			
ПВ 12.1. Утилізація CO2			
Вуглекислий газ	5,3	Сухий лід	7,57
Всього	5,3	Всього	7,57

\\

						Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

5.1. Опис та обґрунтування обраної конструкції ферментера для зброджування м'яса в біоетанол

Необхідною умовою процесу біосинтезу є забезпечення перемішування та гомогенізації середовища. За методом досягнення відповідного режиму перемішування розрізняють:

- ферментери з механічним перемішувачем;
- ферментери з пневматичним перемішувачем.

Недоліком ферментерів з пневматичним перемішувачем є більш низька порівняно з ферментом з механічним перемішувачем величина робочого об'єму, особливо при роботі з середовищами, які дуже піняться. Вони застосовуються, переважно, у випадках, коли культура мікроорганізму не потребує інтенсивного перемішування і її в'язкість невелика.

Апарати з механічним перемішуванням – найпоширеніша конструкція в сучасній біотехнологічній промисловості. Вони мають механічну мішалку, що складається із центрального валу й лопатей різної форми. Мішалка – рухомий робочий орган механічного перемішувача, який здійснює безпосередню дію на рідке середовище.

Перспективи подальшого застосування апаратів з механічним перемішуванням пов'язані з високою швидкістю масообміну кисню й значною економією потужності [29].

М'ясо є досить в'язким середовищем, а об'єм апарату є великим (100 м³). Тому у даному дипломному проекті розраховується і проектується ферментер, що має механічний перемішувач.

Вибір типу ферментера залежить від характеристики сировини, яку переробляють, параметрів технологічного режиму і визначається техніко-економічними міркуваннями.

Ферментер з механічним перемішувачем (рисунк 4.1.)

						Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включає в себе мішалку, привід та вал, що передає обертання від приводу до мішалки.

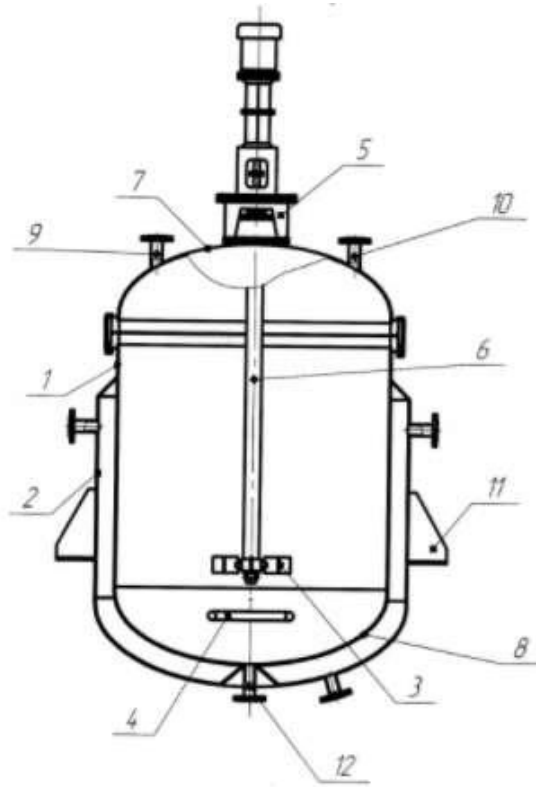


Рис.4.1. Вертикальний ферментер з механічним перемішуючим пристроєм

1 – корпус; 2 – сорочка; 3 – мішалка; 4 – барботер; 5 – двигун з приводом; 6 – вал мішалки; 7 – кришка; 8 – днище; 9,10 – штуцери; 11 – опора; 12 – штуцер для зливу продукту.

Корпус апарату зазвичай складається з вертикальної циліндричної обичайки 1, кришки 7, на якій встановлений привід мішалки 5, та днища 8. Апарати, робочий тиск в яких відрізняється від атмосферного, мають, як правило, еліптичні днища і кришки, причому в апаратах великого діаметру кришки і днища виконують нероз'ємними, а для внутрішнього огляду і очищення таких апаратів на кришці встановлюють люки достатньо великого діаметра. На кришках розміщують також штуцери 9 і 10 для підведення і відведення речовин, подачі стисненого газу, встановлення контрольно-вимірювальних приладів і т. д. Для підведення і відведення теплоти корпус

						Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апарату постачають сорочкою 2. Приводом перемішуючого пристрою зазвичай служить електродвигун, сполучений з валом мішалки прямої або заниженої передачі [30].

При роботі апарату з перемішуючим пристроєм середовище приводиться в рух, що викликає його перемішування. Характер руху середовища залежить від конструкції та параметрів руху перемішуючого пристрою, а також від конструкції апарату в якому відбувається процес. Окрім цього важливими є і властивості середовища.

Меляса являє собою густу, в'язку рідину темного кольору, що обумовлено присутністю меланоїдинів та інших продуктів розпаду вуглеводів [10].

Перемішування рідини в ферментерах може бути в здійснено лопатевими, якірними, рамними, турбінними або трьохлопатевими (пропелерними) мішалками. Вибір мішалки залежить від в'язкості середовища, що перемішується, від необхідної інтенсивності перемішування тощо [29].

1. Лопатеві мішалки. Ці мішалки рекомендується застосовувати при перемішуванні з метою суспендування, розчинення й при проведенні хімічних реакцій. Вони прості за конструкцією, але працюють недостатньо інтенсивно. Основними перевагами лопатевих мішалок є їх простота, а також низька вартість.

2. Якірні. Цей тип мішалок доцільно застосовувати для інтенсифікації теплообміну й запобігання випадіння осаду на стінках і днищі апарата.

3. Рамні мішалки. Використають у випадках, коли необхідно забезпечити більше інтенсивне перемішування по висоті, а також при перемішуванні в'язких рідин у великому об'ємі.

4. Турбінні мішалки. Використовують у всіх випадках, коли необхідно інтенсивне перемішування, особливо рідин, що значно розрізняються по в'язкості, а також при диспергуванні газу в рідині. Також їх використовують

						Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при розчиненні твердих кристалічних часток, емульгуванні рідин з великою різницею густин.

5. Трьохлопатеві (пропелерні) мішалки. Використовуються при зважуванні твердих та волокнистих часток, емульгуванні рідин, інтенсифікації теплообміну. Пропелерні мішалки є ефективними в тих випадках, коли необхідно створити значну циркуляцію рідини при невеликих затратах енергії [31].

Таким чином, для проектування процесу отримання біоетанолу з поживного середовища, яке має достатньо високу в'язкість, а процес біосинтезу потребує інтенсивного перемішування, доцільно використовувати турбінну мішалку.

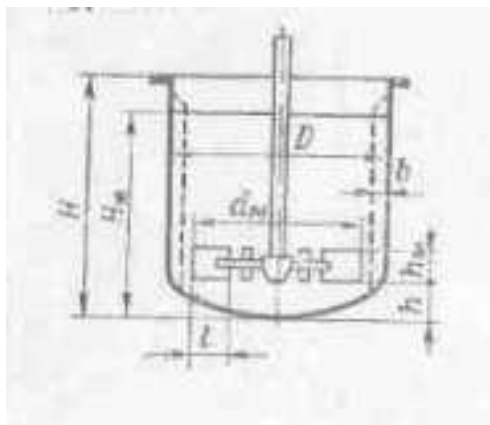


Рис.4.2. Схема турбінної мішалки

d_m – діаметр мішалки; D – діаметр апарату; H – висота апарату; $H_{ж}$ – висота рівня рідини в апараті; l – ширина лопасті мішалки; h – висота розміщення мішалки.

Мішалка складається з одного або декількох відцентрових коліс (турбін), укріплених на вертикальному валу.

В процесі бродіння виділяється тепло, тому для відведення тепла та підтримання температури на постійному рівні необхідною є наявність сорочки. Для виробництва біоетанолу був обраний ферментер об'ємом 100м^3 ,

тому для забезпечення ефективного тепловідведення є необхідною наявність секційною сорочки та зміювика.

На кришці апарату передбачено декілька штуцерів: для завантаження поживного середовища, посівного матеріалу, технічний люк. Для введення миючих засобів та пари для стерилізації передбачено наявність технологічного штуцера. Штуцер для зливу бражки розташований на днищі корпусу.

5.2. Технічна характеристика ферментера

Даний ферментер призначений для проведення процесу спиртового бродіння.

1. Номінальний об'єм – 100 м^3
2. Коефіцієнт заповнення – 0,7
3. Робочий об'єм – 70 м^3
4. Площа поверхні теплообміну – 250 м^2
5. Температура середовища:
 - культурального (в ферментері) – 30°C
 - в рубашці (середня температура охолоджуючого агента) – 23°C
6. Тип перемішуючого пристрою – турбінна мішалка
7. Частота обертання мішалки – 1 с^{-1}
8. Потужність електродвигуна – 120 кВт
9. Тип електродвигуна – АИР100S2
10. Розміри:
 - внутрішній діаметр корпусу – 3,6 м
 - ширина – 4,5 м
 - висота – 10,43 м
11. Маса – 79300 кг

4.3. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

Дані для розрахунку:

						Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обсяг виробництва – 7500 м³/рік

Кількість робочих днів в році – 365 днів

Вихід біоетанолу з 1 м³ культуральної рідини – 0,08 кг/м³

Обсяг виробництва біоетанолу за добу: $Q = Q/\tau$

де Q – обсяг виробництва біоетанолу за рік;

τ - кількість робочих днів на рік, для 5-денного робочого тижня $\tau = 230$ (з урахуванням витрат часу на ремонти).

$$Q_1 = 7500/365 = 20,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість культуральної рідини за добу (Q_2), що необхідна для забезпечення річного обсягу виробництва:

$$Q_2 = Q_1/q = 20,5/0,08 = 256,8 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де Q_1 – обсяг виробництва за добу;

q – вихід біоетанолу з 1 м³ культуральної рідини.

Для рохрахованої кількості культуральної рідини за добу вибираємо ферментер, об'єм якого при коефіцієнті заповнення 0,7 близький до об'єму Q_2 .

Обираємо ферментер об'ємом 100 м³, попередньо визначивши приблизну кількість культуральної рідини з однієї ферментації з врахуванням втрат під час ферментації (10%) становитиме:

$$Q_3 = V \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 63 \text{ м}^3$$

де Q_3 – кількість культуральної рідини з однієї ферментації;

V – геометричний об'єм ферментера, м³;

0,7 – коефіцієнт заповнення ферментера;

0,9 – коефіцієнт, що враховує вихід культуральної рідини з урахуванням 10% втрат.

Кількість ферментацій за добу (n):

$$n = Q_2 / Q_3 = 256,8/63 = 4$$

де Q_2 – необхідна кількість культуральної рідини за добу;

Q_3 – кількість культуральної рідини з однієї ферментації

Кількість культуральної рідини в рік (Q_4):

						Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q – обсяг виробництва біоетанолу, $\text{м}^3/\text{рік}$;

q – вихід біоетанолу з 1 м^3 культуральної рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Розрахунок необхідної кількості меляси. Нативна меляса містить 65% сухих речовин, тому для процесу виробничого біосинтезу її розбавляють до 32-34%. Культуральна рідина містить посівний матеріал (10%), поживні речовини (близько 1%) та розчин меляси (решта – близько 89%). Для приготування розчину меляси з вмістом 32% сухих речовин, необхідно розвести її водою (для спрощення розрахунків приймаємо відношення води питної до меляси 1:1).

Кількість посівного матеріалу, $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$Q_{\text{ПМ}} = Q_4 \cdot 0,1 = 93750 \cdot 0,1 = 9375 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Кількість поживних речовин:

$$Q_{\text{ПР}} = Q_4 \cdot 0,001 = 937,5 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Кількість розчину меляси:

$$Q_{\text{РМ}} = Q_4 - Q_{\text{ПМ}} - Q_{\text{ПР}} = 93750 - 9375 - 937,5 = 83437,5 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Кількість меляси:

$$Q_{\text{М}} = Q_{\text{РМ}} / 2 = 83437,5 / 2 = 41718,75 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Кількість меляси за добу:

$$Q_{\text{М/добу}} = Q_{\text{М}} / 365 = 41718,75 / 365 = 135 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Тривалість циклу (обороту) одного ферментера (τ). Повний цикл роботи одного ферментера складається з блоків стандартних робіт підготовчого характеру та основного виробництва, які визначені в завданні або приймаються на підставі ОВТС:

- тривалість виробничої ферментації 20 годин;
- злив (вивантаження) культуральної рідини 2 години;
- миття/дезінфекція ферментеру 2 години;
- перевірка ферментеру на герметичність 2 години;
- стерилізація ферментеру 1 година;
- заповнення ферментеру поживним середовищем 1,5 години;
- засів посівним матеріалом 0,5 годин;.

						Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість робочих годин в рік (τ_2):

$$\tau_2 = \tau \cdot 24 = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ годин}$$

де τ – кількість робочих днів на рік.

Необхідна кількість ферментерів (N):

$$N = Q_4 \cdot \tau_1 / Q_3 \cdot \tau_2 = 93750 \cdot 29 / 63 \cdot 8760 \sim 5 \text{ шт}$$

де Q_4 – кількість культуральної рідини за рік, м^3 ;

τ_1 – тривалість циклу (обороту) одного ферментера, годин;

τ_2 – кількість робочих годин на рік, годин;

Q_3 – кількість культуральної рідини з 1-й ферментації

Отже, приймаємо 5 ферментерів, об'ємом 100 м^3 .

5.3.1. Технологічний розрахунок

Розрахуємо ферментер для виробництва біоетанолу з бурякової меляси. Об'єм апарату – 100 м^3 , коефіцієнт заповнення – $K_3 = 0,7$. Температура в апараті підтримується на рівні $t_k = 30$. Температура охолоджуючого агента (води): на вході – $t_1 = 20$, на виході – $t_2 = 27$.

Розрахунок основних розмірів ферментеру

Номинальний об'єм: $V_H = 100 \text{ м}^3$

Коефіцієнт заповнення, $K_3 = 0,7$

Робочий об'єм:

$$V_p = V_H \cdot K_3$$

$$V_p = 100 \cdot 0,7 = 70 \text{ м}^3$$

За ГОСТ 20680-86 серед вертикальних апаратів з механічним перемішуючим пристроєм і верхнім розташуванням приводів було обрано апарат з еліптичним днищем і еліптичною кришкою, що знімається (тип 0).

За ГОСТ 20680-86 задаємось наступними параметрами:

$$- D_{вн} = 3600 \text{ мм} = 3,6 \text{ м}$$

$$- H = 10400 \text{ мм} = 10,4 \text{ м}$$

За ГОСТ 6533-78, згідно зі значенням внутрішнього діаметру, задаємось наступними параметрами [32]:

						Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Висота еліптичної частини днища:

$$h_{ел} = 0,25 \cdot D_{вн}$$

$$h_{ел} = 0,25 \cdot 3,6 = 0,9 \text{ м}$$

- Висота основи еліптичного днища:

$$h_{осн} = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$$

- Внутрішня поверхня еліптичного днища:

$$F = 15,18 \text{ м}^2$$

- Товщина стінки еліптичного днища:

$$s = 30 \text{ мм} = 0,03 \text{ м}$$

- Об'єм еліптичного днища:

$$V = 7097,1 \text{ м}^3$$

- Повна висота днища:

$$h = h_{ел} + h_{осн}$$

$$h = 0,9 + 0,1 = 1 \text{ м}$$

Повний об'єм:

$$V = V_{ц} + 2V_{дн} \Rightarrow V_{ц} = V - 2V_{дн}$$

$$V = 100 - 2 \cdot 7097,1 = 85,806 \text{ м}^3$$

Висота циліндричної частини:

$$H_{ц} = V_{ц} / F = V_{ц} \cdot 4 / \pi \cdot D_{вн}^2$$

$$H_{ц} = 85,806 \cdot 4 / 3,14 \cdot 3,6^2 = 8,43 \text{ м}$$

Загальна висота апарату:

$$H_{заг} = H_{ц} + 2h_{дн}$$

$$H_{заг} = 8,43 + 2 \cdot 1 = 10,43 \text{ м}$$

5.3.2. Тепловий розрахунок

1. Внутрішній діаметр ферментера, $D=3,6 \text{ м}$

2. Внутрішній діаметр сорочки ферментера, $D_1 = 3,8 \text{ м}$

3. Товщина стінки ферментера, $S=0,03 \text{ м}$

4. Діаметр мішалки, $d_m=0,9 \text{ м}$

5. Тип перемішуючого пристрою – турбінна мішалка

						Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Число обертів мішалки, $n=1 \text{ с}^{-1}$
7. Коефіцієнт заповнення, $K_z = 0,7$
8. Об'єм апарату: - Номінальний – 100 м^3 ;
- Робочий – 70 м^3
9. Температура середовища:
 - Культурального (в середині ферментера), $t_k = 30^\circ\text{C}$
 - На вході в рубашку, $t_1 = 20^\circ\text{C}$
 - На виході з рубашки, $t_2 = 27^\circ\text{C}$
10. Час культивування – 20 год
11. Основним компонентом поживного середовища є сахароза, тому тепловий ефект бродіння будемо розраховувати по ній.
Вміст сахарози: 6% об від об'єму поживного середовища.
12. Кількість посівного матеріалу (інокуляту) (ПМ) $\sim 10\%$ від об'єму заповнення ферментера: $V_{\text{пм}}=70 \cdot 0,1=7 \text{ (м}^3\text{)}$
13. Кількість поживного середовища: $V_{\text{пс}}=V_p - V_{\text{пм}}=70 - 7 = 63 \text{ (м}^3\text{)}$
14. Густина середовища: $\rho_{\text{пс}}=1040,7 \text{ кг/м}^3$
15. Динамічна в'язкість середовища: $\mu_{\text{пс}}=1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$
16. Теплоємність середовища, при $t=30^\circ\text{C}$, $c_1=4185 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$
17. Коефіцієнт теплопровідності культури при $t=30^\circ\text{C}$, $\lambda_1=0,57 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$
[31]
18. Маса поживного середовища: $m=V_{\text{пс}} \cdot \rho_{\text{пс}}=63 \cdot 1040,7=65564,1 \text{ (кг)}$
19. Маса компонентів ПС (сахарози): $m_c = 65564,1 \cdot 0,06=3934 \text{ (кг)}$
20. Значення середньої температури води в сорочці, $t_{\text{ср}}=23,5^\circ\text{C}$
21. Густина води при середній температурі води, $\rho_2=998 \text{ кг/м}^3$
22. Кінематична в'язкість води при середній температурі, $\mu_2=1,1 \cdot 10^{-6}$
23. Теплоємність води при середній температурі, $c_2=4190 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$
24. Коефіцієнт динамічної в'язкості води при середній температурі,
 $\mu_2=1,050 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$
25. Теплопровідність води при середній температурі води, $\lambda_2=59,5 \cdot 10^{-2}$
 $\text{Вт/м} \cdot \text{K}$

						Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Коефіцієнт теплопровідності стінки $\lambda_{\text{ст}}=58,15 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$

Визначення кількості тепла, що виділяється в процесі розвитку культури грибів.

Тепловиділення: $q = \frac{\text{тепловий ефект}}{m(\text{одного-моля компонента})}, \text{ кДж/кг}$

Для спрощення розрахунків приймаємо, що тепловиділення протягом всього часу культивування відбувається рівномірно, тоді кількість теплоти, що виділяється культурою: $Q = \frac{m}{3600} \cdot \frac{q}{\tau_{\text{к}}}, \text{ Вт}$

В процесі спиртового бродіння з 1 г-моля сахарози виділяється 462,28 кДж

Маса 1 г-моль = 0,342 кг

Тепловиділення: $462,28/0,342=1351,7 \text{ кДж/кг}$

$$Q_{\text{с}} = \frac{3934}{3600} \frac{1351,7 \cdot 10 \wedge 3}{20} = 119400 \text{ Вт}$$

Визначення кількості охолоджуючої води.

Для уникнення перегріву середовища тепло, що виділяється, відводять. Тепло відводять охолоджуючою водою, повітрям, а також через втрати в навколишнє середовище.

Тепловий баланс ферментера:

$$Q_1 = Q_{\text{вод}} + Q_{\text{пов}} + Q_{\text{вт}}$$

де Q_1 – кількість теплоти, що виділяється біомасою;

$Q_{\text{вод}}$ – кількість теплоти, що відводиться охолоджуючою водою;

$Q_{\text{пов}}$ – тепло, що відводиться повітрям (в розрахунках можна не враховувати, так як його величина незначна, оскільки повітря, що йде на аерацію, подається в апарат з температурою, близькою до температури середовища)

$Q_{\text{вт}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище.

Втрати тепла в навколишнє середовище приймаємо рівними 2% від Q_1 :

$$Q_{\text{вт}} = Q_1 \cdot 0,02 = 119400 \cdot 0,02 = 2388 \text{ Вт}$$

Тепло, що відводиться водою:

$$Q_{\text{вод}} = Q_1 - Q_{\text{вт}} = 119400 - 2388 = 117012 \text{ Вт}$$

Витрати води для відводу тепла:

						Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{вод}} = \frac{Q_{\text{вод}}}{c(t_2 - t_1)} = \frac{117012}{4180 \cdot (27 - 20)} = 4 \text{ кг}$$

Визначення площі поверхні охолодження ферментера.

$$F = \frac{Q_{\text{вод}}}{k \Delta t_{\text{ср}}}$$

де k – коефіцієнт теплопередачі від середовища в ферментері до води в сорочці;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – середня різниця температур теплоносіїв:

Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується, до стінки.

Для апаратів з рубашками при перемішуванні мішалкою коефіцієнт тепловіддачі від середовища, що перемішується, до стінки визначають з рівняння:

$$Nu_1 = 0,36 Re_1^{0,67} Pr^{0,33} (\mu_1 / \mu_c)^{0,14}$$

де R – критерій Рейнольдса, що характеризує співвідношення сил інерції та молекулярного тертя в потоці; Pr – критерій Прандтля, що характеризує фізичні властивості потоку, μ_1 та μ_c – динамічна в'язкість середовища при середній температурі рідини та при температурі стінки, відповідно, так як різниця між ними не суттєва, приймаємо їх однаковими: $\mu_1 = \mu_c$ [33]

Критерій Нуссельта, що характеризує інтенсивність тепловіддачі на межі потік – стінка:

$$Nu_1 = \frac{\alpha_1 D}{\lambda}$$

де α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується, до стінки.

$$Re = \frac{\rho n d \Delta 2}{\mu_1} = \frac{1040,7 \cdot 1 \cdot (0,9) \Delta 2}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 1123956$$

$$Pr = \frac{\mu_1 c_1}{\lambda_1} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4185}{0,57} = 11,03$$

Підставляємо отримані значення в формулу (4.17):

$$Nu_1 = 0,36 \cdot 1123956^{0,67} \cdot 11,03^{0,33} \left(\frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,14} = 8968,6$$

$$Nu_1 = \frac{\alpha_1 D}{\lambda_1}$$

$$\alpha_1 = \frac{868,6 \cdot 0,57}{3,6} = 1420 \text{ Вт} \cdot \text{К} / \text{м}^2$$

Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі від стінки до охолоджуючої рідини:

						Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_2 = 0,023 \frac{\lambda_2}{D+2s} \left(\frac{D_1}{D_1-(D+2s)} \right)^{0,45} \left(\frac{W_B(D+2s)}{V_2} \right)^{0,8} \left(\frac{\mu_2 c_2}{\lambda_2} \right)^{0,43}$$

Швидкість води в сорочці ферментера:

$$W_2 = \frac{G_B}{\rho_2 f}$$

де f – площа перетину сорочки:

$$f = 0,785 (D_1^2 - (D + 2s)^2)$$

$$f = 0,785 (3,8^2 - (3,6 + 2 \cdot 0,03)^2) = 0,82 \text{ м}^2$$

Тоді швидкість води:

$$W_B = \frac{4}{998 \cdot 0,82} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}$$

Середня температура води:

$$t_{\text{сер}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{27 + 20}{2} = 23,5^\circ \text{C}$$

За формулою розрахуємо значення коефіцієнта тепловіддачі від стінки до охолоджуючої рідини:

$$\alpha_2 = 0,023 \frac{0,595}{(3,6 + 2 \cdot 0,003)} \left(\frac{3,8}{2 - (3,6 + 2 \cdot 0,03)} \right)^{0,45} *$$

$$* \left(\frac{0,005(3,6 + 2 \cdot 0,03)}{1,1 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,8} \left(\frac{1,050 \cdot 10^{-3} \cdot 4190}{0,595} \right)^{0,43} =$$

$$= 0,023 \cdot 0,163 \cdot 4,417 \cdot 2381,5 \cdot 2,36 = 93,07 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Коефіцієнт теплопередачі від середовища в ферментері до охолоджуючої рідини:

$$k_m = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$k_m = \frac{1}{\frac{1}{1420} + \frac{0,03}{58,15} + \frac{1}{93,07}} = 84 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

З урахуванням забруднень стінок:

$$k = k_m \cdot 0,95 = 79,83 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Площа поверхні охолодження:

$$F = \frac{117012}{79,83 \cdot 5,8} = 250 \text{ м}^2$$

5.3.3. Розрахунок перемішуючого пристрою

Для процесу виробництва біоетанолу з меляси найкраще підходить турбінна мішалка.

$$D = 3,6 \text{ м}$$

						Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_m = D/4 = 0,9 \text{ м}$$

Серед представлених мішалок стандартного ряду турбінних мішалок, наявна мішалка, діаметром 900 мм.

Повинні зберігатись основні параметри даної мішалки [31]:

- $D/d_m = 3:4$
- $h_m/d_m = 0,2$
- $h/d_m = 0,4:1$
- $l/d_m = 0,1$

Геометричні розміри мішалки:

- Висота: $h_m = d_m \cdot 0,2 = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18 \text{ (м)}$
- Висота прикріплення: $h = d_m \cdot 0,6 = 0,54 \text{ (м)}$
- Ширина лопасті: $l = d_m \cdot 0,25 = 0,225 \text{ (м)}$

Окружна швидкість $w = 2,5/10 \text{ м/с}$. Приймаємо $w = 3 \text{ м/с}$.

Частота обертання:

$$n = w / \pi d_m = 3 / 3,14 \cdot 0,9 = 1 \text{ с}^{-1}$$

Діаметр вала мішалки:

$$d_v = C \cdot d_m$$

де $C = 0,117$ – для турбінної мішалки.

$$d_v = 0,117 \cdot 0,9 = 0,1053 \text{ м}$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя в торцевих ущільненнях [33] :

$$N_{\text{ущ}} = 6020 \cdot d_m^{1,3} = 6020 \cdot 0,1053^{1,3} = 322,6 \text{ Вт}$$

В залежності від $Re_{\text{перем}}$ задаємось критерієм K_N – критерій потужності, для турбінної мішалки: $K_N = 6$ [35]

Потужність, що витрачається на перемішування:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^3 = 6 \cdot 1046,7 \cdot 3^3 \cdot 0,9^5 = 100126 \text{ Вт}$$

Коефіцієнт висоти рівня рідини: $k_n = 1,05$

Потужність електродвигуна:

$$N = \frac{k_p \cdot k_n \cdot N + N_{\text{ущ}}}{\eta}$$

						Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k_n – коефіцієнт, що враховує наявність внутрішніх пристроїв в апараті, для апаратів с перегородками $k_n = 1$ [33]

Обираємо стандартний двигун потужністю 120 кВт.

$$N = \frac{1 \cdot 1,05 \cdot 100126 + 322,6}{0,9} = 117172,9 \text{ Вт}$$

5.4. Вибір загальнозаводського обладнання

Для стабільного функціонування апарату необхідно здійснювати ряд допоміжних операцій: подавати середовище в ферментер, теплоагент в рубашку, забезпечити перемішування. Для ефективності виробництва є необхідним здійснити правильний вибір допоміжного обладнання [30].

Подача води в рубашку для відведення надлишкового тепла може здійснюватись за допомогою електронасоса. Для вибору електронасоса необхідно зробити наступні розрахунки: потужність, яка затрачається на перекачування води, та потужність електродвигуна [33].

1. Потужність, що витрачається на перекачування води:

$$N_n = G_{\text{вод}} \cdot H \cdot g \quad \text{де, } G_{\text{вод}} - \text{витрати води для відводу тепла, кг/с, } H - \text{напор, м (приймаємо за 10), } g - \text{прискорення вільного падіння, м/с}^2.$$

2. Потужність електродвигуна:

$$N_e = N_n / \eta \cdot \eta_{\text{пер}} \quad \text{де, } \eta - \text{ККД насоса (0,8), } \eta_{\text{пер}} - \text{коефіцієнт корисної дії передачі (1)}$$

Згідно з розрахованими значеннями, ГОСТ 20791-88 обираємо електронасос центробіжний герметичний типу ЦГ 50/20.

Для подачі культурального середовища обираємо насос типу ЦГ 12,5/12,5.

Ці насоси завдяки своїй конструкції не допускають можливості інфікування середовища. Крім того, підшипники змазуються рідиною, яка перекачується, завдяки чому не забруднюються матеріалом для змазування.

Згідно розрахунків обрано редуктор ВД-IV 7/48 4500 та електродвигун АИР100S2.

						Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Техніка безпеки та охорона праці

У виробництві етилового спирту в ході технологічного процесу виходять шкідливі і токсичні, вибухо- і пожежонебезпечні речовини, тому потрібне строге дотримання правил техніки безпеки, санітарних норм, технологічних режимів проведення процесу і вимог технологічних інструкцій.

Основним напрямом в області створення безпечних умов праці є профілактика причин та попередження умов виникнення небезпечних ситуацій.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці в термін, установлений відповідними галузевими нормативними актами не менше одного разу в рік.

Першочерговою повинна бути безпека для співробітників від виникнення небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

- токсичність сировини, напівпродуктів, кінцевого продукту;
- запиленість та загазованість повітря;
- виникнення пожеж і вибухів;
- рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- недоліки освітлення;
- відхилення від оптимальних норм температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні;
- електробезпека машин, що застосовуються і обладнання.

А також для забезпечення безпеки будь якої діяльності на підприємстві повинні бути вирішені такі завдання, як: встановлення негативного впливу довкілля; захист від небезпек і попередження впливу на людину негативних факторів; ліквідація негативних наслідків впливу небезпечних і шкідливих факторів; створення комфортного стану середовища існування [5].

						Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони і параметри мікроклімату не повинні перевищувати норм, встановлених «Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря».

Допустиме значення рівнів шуму та вібрації, що створюються механізмами на робочих місцях, повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Освітлення на робочих місцях повинно відповідати нормам освітленості робочих місць згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» і бути не менш 30 лк.

Заходи для попередження небезпечних ситуацій під час підготовки та виконання заміни вузлів апаратури, реорганізації будівництва, новому будівництві та його технічному переобладнанні обґрунтованні та встановлені у ДСТУ Б А.3.2-13:2011 «Система стандартів безпеки праці. Будівництво», ДСТУ Б В.2.2-29: 2011 «Будівлі підприємств. Параметри».

При культивуванні мікроорганізмів ретельного контролю потребує цех приготування поживних середовищ, вирощування мікроорганізмів.

Нормальні умови працівників на підприємствах біотехнологічної та мікробіологічної промисловості підтримується з допомогою притоково-втяжної вентиляції, що забезпечує 4-8 кратний повітрообмін в приміщенні, що вентилується. Повітря, що подається в виробничі приміщення, за виключенням спеціальних приміщень повинно мати відносну вологість 60-65% та температуру 18-20° С. Воно повинне бути повністю захищеним від пилу, а для деяких цехів — і від мікроорганізмів. При використанні вологого прибирання підлоги рекомендується робити підлогу під нахилом, та забезпечувати трапами, що дозволяють швидко прибирати вологу. Стіни використовуються з спеціальної керамічної плитки для поліпшення санітарних умов. При розміщенні обладнання та комунікацій враховується необхідність відділення пилу з частин апарату, що виступають, особливо з

						Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентиляційних коробів. Стеля, верхня частина стін та обладнання необхідно частіше фарбувати для підтримання відповідних санітарних вимог.

На виробництві повинен проводитись регулярний та суворий контроль на наявність в повітрі токсичних речовин та мікроорганізмів [37].

На ділянці проводиться контроль вмісту мікроорганізмів та часток у повітрі. Контроль вмісту часток у повітрі проводять до початку роботи (приміщення в “оснащеному” стані) та під час виробничого процесу (приміщення у “функціонуючому” стані), не рідше одного разу в три місяці. Контроль вмісту мікроорганізмів в повітрі виробничих приміщень проводять аспіраційним методом, який заснований на принципі ударної дії струму повітря. Для контролю вмісту мікроорганізмів в повітрі використовують пробовідбірники інерційного типу (імпактори).

Контроль мікробіологічної чистоти обладнання та інвентарю проводять не рідше одного разу на місяць після обробки дезінфекційними розчинами та відповідної експозиції. Для контролю мікробіологічної чистоти технологічного обладнання та інвентарю використовують метод змивів тампонами.

За допомогою диференціального манометру контролюють перепад тиску між приміщеннями різних класів чистоти, що в нормі має становити (10-15 Па).

Попередження можливості накопичення електростатичних зарядів на матеріалах, обладнанні і на людях здійснюють з урахуванням особливостей виробництв. З метою захисту від статичної електрики передбачається проведення на підприємстві наступних заходів:

- заземлення технологічних апаратів, обладнання і трубопроводів (в тому числі установкою перемичок на фланцевих з'єднаннях трубопроводів, по яких транспортуються кислоти і луги).
- заповнення апарату повинно відбуватися через опущену до дна трубу з напрямком струменя уздовж стінок посудини.

						Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забороняється носіння одягу з синтетичних волокон, шовку, а також кілець і браслетів.
- забезпечення герметичності обладнання і трубопроводів;
- використання у виробничому процесі інструментів з кольорового металу (виключається ймовірність іскріння);
- транспортування розчинів (етанолу, фракція сивушних масел, метанол) за допомогою вакууму або під тиском інертного газу (об'ємна частка кисню в інертному газі повинна бути не більше 1%) зі швидкістю, що не перевищує 1 м/с, зняття вакууму в таких випадках проводиться за допомогою стиснутого азоту;
- відбір проб з апаратів повинен проводитися тільки після повного припинення руху рідин;

На виробництві етилового спирту у відділенні ректифікації застосовуються такі заходи захисту персоналу від вражаючої дії електричного струму [22, 40]:

- вибухозахисне виконання електродвигунів
- підключення всіх електроустановок і металоконструкцій (трубопроводи, арматура майданчиків обслуговування, повітроводи витяжної вентиляції) до контуру заземлення;
- використання персоналом засобів індивідуального захисту;
- наявність у будівлі цеху блискавкозахисту.
- ізоляція струмоведучих частин обладнання;

Сукупність зазначених заходів забезпечує безпечні умови праці [37].

Основою для забезпечення пожежної безпеки у приміщеннях підприємств є ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств» та НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Згідно цих документів можна класифікувати основні виробничі приміщення по пожежо – та вибухобезпечності [38]:

- відділення підготовки сировини – категорія Д;

						Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дріжджове відділення - категорія Д;
- бродильне відділення - категорія Д;
- брагоректифікаційні відділення - категорія А, вибухонебезпечна суміш пари етилового спирту.

Безпека роботи з обслуговування механізмів з рухомими частинами забезпечується наявністю і справністю огорожувачів. Замір рівнів в апаратах і відбір проб проводять при повністю зупиненому руху рідини в замкнутих окулярах.

Щоб уникнути термічних опіків апарати, в яких процеси протікають при підвищеній температурі, паропроводи, повинні мати ізоляцію певної товщини так, щоб зовнішній шар ізоляції мав температуру не вище 40°C [39].

Робота працівника в робочій зоні на підприємстві виробництва етанолу відноситься до середньої категорії тяжкості виконуваних робіт. Це напружена робота. Час перебування працівників у цеху 80% від усього робочого часу. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» такі умови мікроклімату слід розглядати, як шкідливі і небезпечні. З метою профілактики несприятливого впливу мікроклімату використовуються захисні заходи:

- приміщення для відпочинку і обігріву;
- регламентація часу роботи, зокрема, перерви в роботі, скорочення робочого дня, збільшення тривалості відпустки.

Біоетанол за ступенем впливу на організм людини відноситься до 4-го класу небезпеки. Гранично допустима концентрація парів біоетанолу в повітрі робочої зони виробничих приміщень: по етиловому спирту - 2000/1000 мг/м³ відповідно до гігієнічних нормативів [38]. Періодичність контролю повітря робочої зони на вміст шкідливих речовин - не рідше одного разу в квартал. Біоетанол має наркотичну дію. При попаданні всередину можливе отруєння. Має здатність проникати через пошкоджену шкіру. Заходи першої допомоги при отруєнні: свіже повітря (можна дати кисень), спокій, якщо буде потреба - штучне дихання. При попаданні

						Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукту в очі слід промити їх рясно теплою водою. Технологічне обладнання, резервуари, трубопроводи та зливо-наливні пристрої, пов'язані з прийомом, зберіганням і транспортуванням біоетанолу, повинні бути захищені від статичної електрики. Електрообладнання повинно бути виконано вибухонебезпечним. Запобіжні заходи в виробничих умовах - герметизація виробничих процесів.

У аварійних умовах при підвищеній концентрації парів біоетанолу в повітрі, а також у разі пожежі слід використовувати індивідуальний захист органів дихання - фільтруючий промисловий протигаз. В якості первинних засобів гасіння біоетанолу використовують всі види вогнегасників, розпорошену воду, пісок, повстану або азбестову кошму. Роботи з біоетанолом (відбір проб, аналіз проб і т.д.) проводять при дотриманні санітарних правил, вимог безпеки, прийнятих для роботи з хімічними речовинами та ЛЗР. При відборі проб категорично забороняється застосування відкритого вогню, паління. Відбір проб проводять особи, проінструктовані з правилами техніки безпеки і пожежної безпеки. При застосуванні біоетанолу слід дотримуватися наступних правил безпеки: не приймати всередину, берегти від вогню. Усі працюючі з біоетанолом повинні проходити попередні (при прийомі на роботу) і періодичні медичні огляди, а також інструктаж з техніки безпеки відповідно [10].

Також на підприємствах обов'язковою є пожежна безпека. На виробництві, що проектується, можливими джерелами пожежі є перевантаження електроустаткування, нагріті стінки устаткування (піч), іскри від роботи електрообладнання та від тертя деталей машин, прямий удар блискавки в споруди, електрозамикання, виникнення електричної дуги, руйнування кабелю, електропроводки.

При проектуванні передбачені запобіжні заходи: розділення споруди протипожежними перекриттями на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, між будинками передбачені протипожежні розриви 10м, протипожежні крани, ємності з піском і пожежні

						Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щити; змонтована автоматична пожежна сигналізація, захист ізоляції від теплового, механічного впливу. Для запобігання ударів блискавки встановлюються стрижневі блискавковідводи.

Для технологічного устаткування передбачено застосування запобіжних пристроїв - мембран, клапанів (газове обладнання). Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання. Для сповіщення витікання з газопроводу встановлено сигналізацію. Перед розпалюванням печі її газовий тракт вентилується. Газопроводи усередині цеху мають систему продувних труб із запірними пристроями. Продувні труби (свічі) від печей з'єднують у загальну вивідну свічу. При припиненні подачі газу та повітря, загрозі пожежі в цеху, витоці газу в приміщення, аваріях передбачено аварійне вимкнення газових пальників. Підприємство обладнується охоронною й пожежною сигналізацією типу ПТІМ. Основний цех обладнується ящиком з піском і вогнегасниками.

6.2. Охорона навколишнього середовища

Хоча біотехнологічна промисловість приносить на ринок ряд важливих продуктів покращує екологічний стан країн та підвищує якість життя, при цьому вона також випускає шкідливі речовини, що потрапляють в навколишнє середовище (вивільнені під час використання), які призводять до негативного впливу на людину та навколишнє середовище.

У відповідь на мандати уряду (законодавчі, регуляторні) або з ініціативи самої галузі (наприклад, добровільні скорочення, системи екологічного менеджменту), для зменшення шкідливого впливу використовують різні методики релізи на кожному етапі виробництва. Вони включають використання обладнання для контролю забруднення, розробку процесів з метою мінімізації викидів та заборону збуту речовини або обмеження деяких його використання.

						Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі виробництва біоетанолу утворюється ряд побічних продуктів, що можуть спричинити шкоду навколишньому середовищу. До них відносяться вуглекислий газ, сивушні масла, метанол, фурфурол, лігнін та інші.

Вуглекислий газ при потраплянні в атмосферу негативно впливає на довкілля, оскільки це сприяє збільшенню парникового ефекту. Для запобігання виходу його в атмосферу вуглекислий газ, що утворюється пропонують вловити в циклонах і переробляти на вуглекислоту, яка буде побічним продуктом виробництва.

В процесі ректифікації утворюється багато побічних продуктів з бражної колони після ректифікації виходить барда, що не містить спирту. При її скиді у водойму або каналізацію, вона може спричинити мікробіологічне забруднення, оскільки вона містить пентозами, що можуть бути поживними речовинами для мікроорганізмів. Тому барду потрібно очищати на промислових очисних спорудах або використовувати для отримання кормових дріжджів.

Основним засобом захисту навколишнього середовища при виробництві біоетанолу є виконання всіх вимог, норм і правил, що діють при виробництві етилового спирту з рослинної сировини, включаючи вимоги щодо викидів в атмосферу, очищення стічних вод, утилізації побічних продуктів і відходів виробництва.

З метою охорони атмосферного повітря від забруднення викидами шкідливих речовин повинен бути організований постійний контроль за вмістом гранично допустимих викидів. Встановлення допустимих викидів шкідливих речовин проводять відповідно до правил ГОСТ 17.2.3.02 та ДСТУ 4219:2004 «Якість повітря».

Періодичність контролю за вмістом гранично допустимих викидів повинна бути узгоджена з місцевими органами охорони навколишнього середовища. Гранично допустима концентрація біоетанолу в атмосферному

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

повітрі населених місць - 5 мг/м³ відповідно до гігієнічних нормативів. Біостанол повністю використовується, утилізація відходів не потрібно [10].

При проектуванні промислових підприємств, окремих цехів й агрегатів повинні розроблятися й впроваджувати технологічні процеси, що забезпечують максимальну переробку сировини й не виділяють шкідливих відходів у повітря. При неможливості виключення викидів шкідливих речовин в атмосферу повинні створюватись ефективні очисні спорудження, для того щоб вміст цих речовин у зовнішньому середовищі не перевищував встановлених гранично припустимих концентрацій. До числа забруднюючих атмосферу компонентів виробництва етилового спирту належать: органічний пи́л, пари етилового спирту, фреон, аміак, формальдегід, вуглекислий газ, летучі кислоти, абразивний і металевий пи́л з обладнання.

Вуглекислий газ на всіх стадіях поступає у спиртовловлювач, а звідти – на утилізацію (перетворення в «сухий лід»). Рідкий CO₂ знаходить широке застосування у виробництві безалкогольних напоїв, мінеральних і газованих вод. Його застосовують при зварюванні, механічній обробці металів, для вибухових робіт вогнегасників. Твердий діоксид вуглецю (сухий лід) використовується в якості холодоагенту.

При концентруванні спирту в ректифікаційній колоні утворюється лютерна вода, яку можна використовувати для промивання і обробки сивушного масла. Основна частина лютерної води не використовується і відводиться зі стічними водами [22].

При промиванні концентрату спирту в ректифікаційній колоні отримують сивушне масло. Його використовують для отримання технічного етилового, н-пропілового, ізобутилового та ізоамілового спиртів, при флотації руд і в буровій техніці, для синтезу запашних речовин і медичних препаратів в лакофарбовій, фармацевтичній промисловості.

Барда використовується на відгодівлю сільськогосподарських тварин, для отримання гліцерину, глютамінової кислоти, а також в якості поживного

						Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовища для вирощування кормових дріжджів і отримання кормового вітаміну В12.

Крім фіксованих джерел викидів на підприємствах можливі так звані неконтрольні, не заплановані викиди, що є результатом щілин в апаратах, ємностях, трубопроводах [35].

Стічні води утворюються у процесі виробництва спирту, дріжджів, в результаті миття, нагрівання чи охолодження апаратів. Ці води піддаються механічній та біологічній очистці, а потім знову використовуються у виробництві. Спуск промислових стічних вод в каналізаційну мережу може проводитися тільки у відповідності до «Санітарних норм проектування» СНіП. Технічні заходи передбачають очищення стічних вод, різними методами, повторне використання стічних вод для технічних потреб та поливу, створення оборотних та замкнених систем водокористування, вдосконалення технологічних процесів щоб зменшити надходження забруднень у стоки, перехід на безвідходні технології та інше.

						Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті запропоновано технологію одержання біоетанолу з бурякової меляси.

Наведено основні характеристики сировини та біологічного агенту. Сировиною обрано бурякову мелясу, оскільки в Україні використання даної сировини є перспективним. Біологічним агентом є дріжджі *S. cerevisiae*. Оскільки вони характеризуються високими темпами росту $0,25-0,33 \text{ год}^{-1}$, а також вони стійкі до високих концентрацій етанолу і низьких значень рН. Володіючи високою швидкістю росту і активним брунькуванням, штам забезпечує стабільні показники накопичення біомаси в процесі дріжджегенерування.

Обрано технологічну схему, що включає допоміжні роботи, такі як: підготовка персоналу, приміщень та обладнання, стерилізацію поживного середовища і враховує її особливості, культивування обраного штаму, виділення та очищення біоетанолу.

Наведено схеми біохімічних процесів, які відбуваються при проведенні технологічного процесу.

Розроблено апаратурну схему.

Складений матеріальний баланс виробництва.

В якості основного обладнання обрано ферментер на 100м^3 . Проведено розрахунок основного та допоміжного обладнання.

Для перегонки біоетанолу було обрано брагоректифікаційну установку неперервної дії.

Вуглекислоту, яка утворюється утилізують з утворенням сухого льоду.

Наведено перелік заходів щодо охорони праці та охорони довкілля при виробництві біоетанолу.

Проектом передбачені заходи та засоби щодо забезпечення безпечних умов праці та виконання вимог щодо екологічної та пожежної безпеки.

						Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графічна частина складається з технологічної та апаратурної схем виробництва біоетанолу, а також креслення ферментера обраного типу.

						Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калетник Г.М. Новітні технології біоенергоконверсії і перспективи використання паливного біоетанолу в Україні / Г.М. Калетник, С.П. Циганков, О.І. Володько // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Економічні науки. — Вінниця, 2011. — Випуск 1(48). — Т. 2 — С. 109–112.

2. Меньшиков В.В. Сравнительный анализ видов автомобильного топлива / В.В. Меньшиков, Ю.И. Солнцева, А.М. Глинка // Энергия: экономика, техника, экология. — 2012. — № 1. — 44 – 52 с.

3. Голуб Г.А. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві / Голуб Г.А., Кухарець С.М. Марус О.А. та ін.; за ред. Г.А. Голуба. — К.: НУБіП України, 2017. — 229 с.

4. Олійнічук С. Т. Прогресивні технології біопалива з рослинної сировини / С. Т. Олійнічук, В. В. Сосницький // Продовольчі ресурси. — 2014. — № 2. — С. 8-14

5. Коноваленко Л.Ю. Использование отходов пищевой промышленности для получения альтернативных видов топлива / Л.Ю. Коноваленко. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. — 44 с.

6. Українець А. Спиртова галузь: на шляху до інноваційного розвитку / А. Українець, Л. Хомічак, П. Шиян // Харчова і переробна промисловість: щомісячний науково-практичний журнал. — 2015. — № 12. — С.16 – 19.

7. Доронін А.В. Конкурентні переваги біоетанолу з продукції цукрового виробництва / А.В.Доронін / Шляхи диверсифікації виробництва продукції на цукрових заводах України: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції цукровиків України.—К.: НУХТ, 2015.—С.188.

8. Красінько В.О. Біоенергетика та охорона довкілля [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. спец. 7.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / В.О. Красінько. - К: НУХТ, 2013. — 88 с.

						Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Беккер М.Е. Введение в биотехнологию [пер. с латышского]. – М.: Изд. «Пищевая промышленность», 1978.

10. Маринченко В.А. Технология спирта из мелассы / В.А. Маринченко, Б.Д. Метюшев, В.Н. Швец / Издательское объединение «Вища школа», 1975. – 284 с.

11. Медико-біологічні вимоги та санітарні норми якості продовольчої сировини та харчових продуктів: МОЗ СРСР № 506-89. – [Чинний від 1989-08-01]. – К.: Міністерство охорони здоров'я СРСР, 1999. – 49с.

12. Виноградова А. В. Биотехнология топлива: учеб. пособие / А.В. Виноградова, Г.А. Козлова, Л.В. Аникина. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 212 с.

13. Куц А.М. Технологія бродильних виробництв: Конспект лекцій з дисц. «Загальні технології харчової промисловості» для студ. ден. та заоч. форм навчання напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» / А.М. Куц, В.М. Кошова. – К.: НУХТ, 2011. — 156 с.

14. Пат. РФ 2492229, МПК C12N 1/16. Штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, используемый для получения спирта / Котенко С.Ц., Халилова Э. А., Исламмагомедова Э. А., Аливердиева Д. А.; Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра Российской академии наук. - № 2012119355/10 ; заявл. 11. 05. 2012, опубл. 10.09.2013, Бюл. №25.

15. Фараджева Е.Д. Общая технология бродильных производств / Е.Д. Фараджева. – М.: Колос, 2002. – 408 с.

16. Мосичев М.С. Общая технология микробиологических производств / М.С. Мосичев. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 264 с.

17. Егоров Н.С. Биотехнология: Учебное пособие для ВУЗов /Под ред. Н.С. Егорова, В.Д. Самуилова. - М.: Высшая школа, 1987. – 341с.

18. Дубровін В.О. Біодизель та біоетанол / В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, В.М. Поліщук та ін. – К.: ЮНІДО, 54 с.

						Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Кухаренко А.А. Безотходная биотехнология этилового спирта / А.Ю. Винаров. — М.: Энергоатомиздат, 2001. — 272 с.
20. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии / В.В. Бирюков. — М.: Колос, 2004. — 296 с.
21. Гельфанд Е.Д. Основы технологии биоэтанола: учеб. пособие / Е.Д. Гельфанд. — Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2005. — 56 с.
22. Циганков П.С. Виділення спирту з бражки та його очищення / П.С. Циганков. — К.: Глобус, 200. — 120 с.
23. Короткова Т.Г., Константинов Е.Н. Технология абсолютного этилового спирта, безводного спирта и биоэтанола азеотропной ректификацией: монография / Е.Н. Константинов. — Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «Куб-ГТУ», 2013. — 196 с.
24. Булгаков Н.И. Биохимия солода и пива / Н.И. Булгаков. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 358 с.
25. Пинчук Л.Г. Биохимия: учебное пособие для студентов вузов / Л.Г. Пинчук. — Кемерово, КемТИПП, 2011. — 364 с.
26. Голенда И.Л. Биохимия и молекулярная биология: учебно-методическое пособие / И.Л. Голенда, А.М. Голенда, А.С. Сарсацкая. — Кемерово: Кузбассвузиздат, 2007. — 190 с.
27. Яровенко В.Л. Справочник по производству спирта. Сырье, технология и техноконтроль / В.Л. Яровенко, Б.А. Устинников, Ю.П. Богданов и др. — С.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. — 336 с.
28. Масліков М.М. Кріогенна техніка і технологія: Навч. посіб / М.М. Масліков. — К.: НУХТ, 2010. — 194 с.
29. Брагинский Л.Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета / Л.Н. Брагинский. — СПб.: Химия, 1984. — 336 с.
30. Майофис А.С. Химия и технология химико-фармацевтических препаратов, 2 изд, перераб. и дополн / А.С. Майофис. — СПб: Медицина, 1984. — 378 с.

						Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. Соколов В. Н. Аппаратура микробиологической промышленности / В.Н.Соколов, М. А. Яблокова. – СПб.: Машиностроение, 1988. – 278 с.

32. Колунянц Л.И. Оборудование микробиологических производств / К. А. Колунянц, Л. И. Голгер, В. Е.Балашов // Москва, Агропроиздат, 1987. – 398 с.

33. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – СПб: Химия, 1987. – 576 с.

34. Лацинский А.А. Конструирование и расчет химической аппаратуры: Справочник / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. – СПб: Машиностроение, 1970. – 752 с.

35. Федосеев К. Г. Процессы и аппараты биотехнологии в химико-фармацевтической промышленности / К.Г. Федосеев. – М.: Медицина, 1989. – 200 с.

36. Ткачук К.Н. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене / К.Н.Ткачук, М.О. Халімовський, В.В.Зацарний, Д.В.Зеркалов / За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. –345 с.

37. Макаров Г. В. Охрана труда в химической промышленности / Г.В. Макаров. - М.: Химия, 1989. – 233с.

38. Рябов И.В. Пожарная безопасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности / И.В. Рябов. – М.Химия, 1970.

39. Жидецкий В.Ц. Практикум з охорони праці / В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук, Л.В. Туряб. – Львів, 2000 – 350 с. 40. Юдин Е. Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

						Арк.
						96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Маса	Примітка
1	2	3	4	5	6
Д-1, Д-3, Д-4, Д-6, Д-8, Д-9, Д-15, Д-16, Д-18, Д-19, Д-21, Д-22, Д-24, Д-25 Д-27, Д-28		Об'ємно-вагові дозатори для внесення рідких та сипких компонентів у реактор	10		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
Р-2	ВМ	Реактор для приготування розчину хлорного вапна, місткість 5 м ³ , D = 1800 мм, коефіцієнт заповнення 0,7, завантаження вапна вручну через люк, нижній злив, механічне перемішуванням лопатевою мішалкою, працює при атмосферному або підвищеному тиску потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт, частота обертання вала мішалки 1с ⁻¹ . Транспортування розчину хлорного вапна насосом.	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
Р-5	ВМ	Реактор для приготування розчину хлорного вапна, місткість 5 м ³ , D = 1800 мм, коефіцієнт заповнення 0,7, завантаження вапна вручну через люк, нижній злив, механічне перемішуванням лопатевою мішалкою, працює при атмосферному або підвищеному тиску потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт, частота обертання вала мішалки 1с ⁻¹ . Транспортування розчину хлорного вапна насосом. Реактор для приготування розчину каустичної соди, місткість 5 м ³ , D = 1800 мм, коефіцієнт заповнення 0,7, завантаження вапна вручну через люк, нижній злив, механічне перемішуванням	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т

						Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		лопатевою мішалкою, працює при атмосферному або підвищеному тиску потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт, частота обертання вала мішалки 1с^{-1} . Транспортування розчину каустичної соди насосом.			
P-7	ВМ	Реактор для розбавлення та гомогенізації м'ясяси. Місткість 10 м^3 , коефіцієнт заповнення 0,7, внутрішній діаметр 2000 мм, завантаження м'ясяси по трубопроводу, працює при атмосферному тиску. Реактор оснащений пропелерною мішалкою. Транспортування м'ясясної розсиропки здійснюється насосом.	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
H-8	СМ	Насос для транспортування розчину м'ясяси, відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу	2		Збірний
H-9		Відцентровий насос постійного тиску для установки безперервної стерилізації	1		Збірний
K-10		Підігрівач поживного середовища з вприском гострої насиченої пари (колонка швидкісного нагріву). Продуктивність $20\text{ м}^3/\text{год}$. Місткість $0,1\text{ м}^3$, введення пари через сопло діаметром 2,5 мм тангенціально розташованого штуцера, тиск пари- $0,6\text{ МПа}$, температура 120°C	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
T-11		Теплообмінник-витримувач 3-х корпусний для нагрітого поживного середовища. Витримувач об'ємом $1,7\text{ м}^3$ діаметр – 0,6м, висота – 6м має еліптичні кришки, всередині розташовані секції, що утворюють ряд циліндричних камер. Витримувач має совелітову теплоізоляцію товщиною 35мм.	3		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
T-12		Теплообмінник рекуператор	1		Неірж.сталь

						Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		розбірний пластинчатого типу на консольній рамі. Загальна поверхня теплообміну 100 м ² . Поверхня одної пластини 0,5 м ² .			12X18H10T
T-13		Теплообмінник охолоджувач розбірний пластинчатого типу на консольній рамі. Загальна поверхня теплообміну 100 м ² . Поверхня одної пластини 0,5 м ² .	1		Неірж.сталь 12X18H10T
P-14	BM	Реактор для приготування ростового поживного середовища. Місткість 25 м ³ . Має сорочку для підтримання температури, коефіцієнт заповнення 0,8, D = 2800 мм, завантаження по трубопроводу або вручну через люк, нижній злив, механічне перемішуванням пропелерною мішалкою, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт, частота обертання вала мішалки 1с ⁻¹	1		Неірж.сталь 12X18H10T
P-17	BM	Реактор для приготування основного поживного середовища. Місткість 25 м ³ . Має сорочку для підтримання температури, коефіцієнт заповнення 0,8, D = 2800 мм, завантаження по трубопроводу або вручну через люк, нижній злив, механічне перемішуванням пропелерною мішалкою, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт, частота обертання вала мішалки 1с ⁻¹	1		Неірж.сталь 12X18H10T
P-20		Реактор для приготування розчину карбаміду. Місткість 0,6 м ³ , коефіцієнт заповнення – 0,7, внутрішній діаметр – 700 мм. Має сорочку для введення глухої пари та для охолодження розчину після стерилізації. Перемішування здійснюється пропелерною мішалкою, 5 кВт, частота обертання вала мішалки 1с ⁻¹	1		Неірж.сталь 12X18H10T

						Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P-23		Реактор для приготування розчину ортофосфату. Місткість 0,6 м ³ , коефіцієнт заповнення – 0,7, внутрішній діаметр – 700 мм. Має сорочку для введення глухої пари та для охолодження розчину після стерилізації. Перемішування здійснюється пропелерною мішалкою, 5 кВт, частота обертання вала мішалки 1с ⁻¹	1		Неірж.сталь 12X18H10T
P-26	БЕЕ	Реактор для приготування піногасника. Місткість 1 м ³ , коефіцієнт заповнення 0,75, D=500 мм. Має сорочку для введення глухої пари та для охолодження піногасника після стерилізації. Завантаження здійснюється по трубопроводу, нижній злив, перемішування лопатевою мішалкою, потужність електродвигуна з редуктором 1,7 кВт, частота обертання вала мішалки 4,5 с ⁻¹	1		Неірж.сталь 12X18H10T
ПР-29		Пробірка з агаризовним середовищем для вирощування музейної культури			
К-30		Колба (качалочна) для рідкофазного культивування вегетативного посівного матеріалу, об'ємом 2 м ³ .	20		
К-31		Колба для рідкофазного культивування вегетативного посівного матеріалу, об'ємом 5 м ³ .	40		
P-32	БЕЕ	Посівний ферментер (інокулятор) об'єм 0,1 м ³ з нижнім зливом та трубою передавлювання. Внутрішній діаметр – 0,1 м. З еліптичними кришкою та днищем, з суцільною сорочкою, коефіцієнт заповнення до 0,5 від номінального об'єму, завантаження по трубопроводу або вручну через люк. Перемішування комбіноване – механічною турбінною мішалкою та повітрям через барботер, потужність електродвигуна з	1		Неірж.сталь 12X18H10T

						Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		редуктором 5 кВт, частота обертання вала мішалки 1с^{-1} . Пароводяна суцільна сорочка.			
Ф-33	ФТО-60	Індивідуальний фільтр стерилізації (тонкої очистки) повітря. Продуктивність 60 $\text{м}^3/\text{год}$, швидкість руху повітря – 0,05 м/с, площа поверхні фільтрування 1,0 м^2 , гідравлічний опір потоку повітря 600 Па, коефіцієнт проскоку – 0,001.			Фільтруючий матеріал гофровані елементи з тканини Петрянова – ФПП-1,2-1,5.
Ф-34 Ф-36	ОА-1	Фільтр для очищення відпрацьованого повітря. Розмір пор 1 мкм, діапазон робочої температури 1,5-65°C, продуктивність 20 $\text{м}^3/\text{год}$	2		Матеріал мембрани: целюлоза, акрилове волокно
Р-35	ВЕЕ	Посівний ферментер (дріжджегенератор) об'ємом 10 м^3 з нижнім зливом та трубою передавлювання. Внутрішній діаметр – 2200 мм, оснащений суцільною сорочкою, коефіцієнт заповнення до 0,5 від номінального об'єму, завантаження по трубопроводу або вручну через люк. Перемішування комбіноване – механічною турбінною мішалкою та повітрям через барботер, потужність електродвигуна з редуктором 35 кВт, частота обертання вала мішалки 1с^{-1} .	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
Ф-37	ФТО-500	Індивідуальний фільтр стерилізації (тонкої очистки) повітря. Продуктивність 500 $\text{м}^3/\text{год}$, швидкість руху повітря – 0,05 м/с, площа поверхні фільтрування 5,0 м^2 , гідравлічний опір потоку повітря 800 Па, коефіцієнт проскоку – 0,001. Фільтруючий матеріал гофровані елементи з тканини Петрянова	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
Р-38	ВЕЕ	Виробничий ферментер. Місткість 100 м^3 . Внутрішній діаметр – 3600 мм. З еліптичним днищем та			

						Арк.
						101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		кришкою. Коефіцієнт заповнення – 0,7. Перемішування механічне, турбінною мішалкою, потужність електродвигуна з редуктором 4,5 кВт, частота обертання мішалки 1с ⁻¹ . Пароводяна секційна сорочка.			
РК-39		Перша колона брагоректифікаційної установки (бражна). Має вертикальний корпус циліндричної форми зі сферичною кришкою та днищем. Тип конструкції – тарілчаста колона неперервної дії. Діаметр колони – 1000 мм, висота – 4000 мм. Всередині корпусу вмонтовані 18 одноковпачкові тарілки, з міжтарілковою відстанню 200 мм. Обігрівается гострою парою. Бражна колона оснащена пробним холодильником, верхнім і нижнім вакуум-переривниками, термометрами на тарілці живлення, термометрами на вході бражки до колони і виході води з основного конденсатора	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
РК-40		Друга колона брагоректифікаційної установки (ректифікаційна). Має вертикальний корпус циліндричної форми зі сферичною кришкою та днищем. Тип конструкції – тарілчаста колона неперервної дії. Діаметр колони – 1000 мм, висота – 5000 мм. Всередині корпусу вмонтовані 40 клапанних тарілок, з міжтарілковою відстанню 170 мм. Колона оснащена верхнім і нижнім вакуум-переривачем, термометром у кубовій частині, термометром на виході холодної води з дефлегматора ректфікаційної колони, краном для відбору проби, конденсатор, дефлегматор, холодильник для охолодження спирту етилового головної фракції. Обігрівается гострою парою.	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т

						Арк.
						102
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		Живлення подається на 20-у, 27-у або 36-у тарілку, рахуючи знизу.			
РК-41		Третя колона метанольна установки (спиртова). В колоні міститься 72 клапанні тарілки. Обігрівается гострою парою. Спиртова колона оснащена дефлегматором, конденсатором, пробним холодильником, термометрами в кубі колоні та в зоні відбору сивушної фракції (8-ма тарілка знизу), на тарілці вводу живлення (16-та знизу), має відокремлювач для сивушного масла (з 5-11 тарілок та з 18-23 тарілок).	1		Неірж.сталь 12X18H10T
П-42		Підігрівач бражки за рахунок конденсації водно-спиртових парів, що поступають з бражної колоні. Температура – 85-90°C.	1		Неірж.сталь 12X18H10T
СП-43		Бражний сепаратор для відокремлення вуглекислоти та повітря.	1		Неірж.сталь 12X18H10T
К-44		Бражний конденсатор	1		Неірж.сталь 12X18H10T
Д-45		Дефлегматор епюраційної колоні	1		Неірж.сталь 12X18H10T
К-46		Конденсатор епюраційної колоні	1		Неірж.сталь 12X18H10T
Д-47		Дефлегматор спиртової (ректифікаційної) колоні	1		Неірж.сталь 12X18H10T
К-48		Конденсатор спиртової (епюраційної) колоні	1		Неірж.сталь 12X18H10T
Х-49		Холодильник ректифікованого спирту	1		Неірж.сталь 12X18H10T
П-50		Підігрівач ректифікованого спирту з вприском гострої насиченої пари. Тиск пари- 0,6МПа, температура 115-120 °С, утворення конденсату 0,5 м³/год.	1		Неірж.сталь 12X18H10T
А-51		Адсорбер з молекулярними ситами, місткістю 60 м³, робоча температура – 115 °С	1		Неірж.сталь 12X18H10T
К-52		Конденсатор зневодненого біоетанолу	1		Неірж.сталь 12X18H10T

						Арк.
						103
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

К-53		Компресор вуглекислоти першого ступеня. Робочий тиск 6,02 МПа.	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
Т-54		Кожухотрубний теплообмінник охолоджувач. Загальна поверхня теплообміну 50 м ² .	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
К-55		Компресор вуглекислоти другого ступеня. Робочий тиск 20 МПа.	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
Т-56		Теплообмінник рекуператор розбірний пластинчатого типу на консольній рамі. Загальна поверхня теплообміну 50 м ² . Поверхня одної пластини 0,2 м ² .	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
А-57		Адсорбер з силікагелем, місткістю 20 м ³ , робоча температура – 115 °С	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
Г-58		Генератор сухого льоду. Потужність 10 кг/год.	1		Неірж.сталь 12Х18Н10Т
КП-2.1 КП-5.1 КП-7.1 КП-20.1 КП-23.1	OLC-200	Прилад показувальний місцевий, пневматичний для вимірювання концентрації 0-100%	5		Монтаж по місцю
КП-14.4 КП-17.4 КП-20.2 КП-23.4 КП-26.4 КП-32.4 КП-35.4 КП-38.4 КП-50.1	ТСМ-1118-01	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури. Термоперетворювач опору мідний, НСХ 50М, діапазон вимірювання (-50)-150°С	9		Монтаж по місцю
КП-14.1 КП-17.1 КП-12.1 КП-13.1 КП-20.1 КП-23.1 КП-26.1 КП-29.1 КП-30.1 КП-31.1 КП-32.1 КП-35.1 КП-38.1 КП-39.1 КП-40.1 КП-41.1	Flus "IR-811"	Прилад для вимірювання температури. Пірометр, діапазон вимірювань від -50°С до +500°С	16		Монтаж на пульті управління

						Арк.
						104
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КП-14.2 КП-17.2 КП-30.2 КП-31.2 КП-32.2 КП-35.2 КП-38.2	pH-101П	Датчик рН з платиновим ТСП термоперетворювачем опору Вих. сигнал: 4 – 20мА. Діапазон вимірювання рН 0...14	7		Монтаж по місцю
КП-14.3 КП-17.3 КП-32.5 КП-35.5 КП-38.5 КП-40.2 КП-41.2	ЕКМ-10	Манометр електроконтактний ЕКМ-10. Діапазон вимірювання тиску: від 25 до 75 % діапазону показань. Діапазон показань: 0-2,5 МПа Клас точності: 1,5. Ступінь захисту - IP54.	7		Монтаж по місцю
КП-32.6 КП-35.6 КП-38.6	М1Д	Манометр показуючий, М1Д. Діапазон вимірювання тиску: від 25 до 75 % діапазону показань. Діапазон показань: -100-+100 кПа Клас точності: 1,5-2.	3		Монтаж на пульті управління

						Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		